PRZEGLĄD FIZJOLOGII RUCHU

KWARTALNIK

POŚWIĘCONY NAUKOWYM ZAGADNIENIOM WYCHOWANIA FIZYCZNEGO SPORTU I PRACY

ORGAN RADY NAUKOWEJ W.F.

ROK IX

Nr 4

WARSZAWA 1939

REDAKCJA I ADMINISTRACJA:
AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO JÓZEFA PIŁSUDSKIEGO
ZAKŁAD FIZJOLOGII, TELEFON 12-66-46

REVUE DE PHYSIOLOGIE DU MOUVEMENT

(CINÉPHYSIOLOGIE)

PARAISSANT TOUS LES TROIS MOIS

CONSACRÉE AUX PROBLÈMES SCIENTIFIQUES DU SPORT, DE L'ÉDUCATION PHYSIQUE ET DU TRAVAIL.

Pour tout ce qui concerne l'abonnement et les manuscrits s'adresser à la Rédaction: Varsovie 32. Academie d'Education Physique Józef Piłsudski, Laboratoire de Physiologie.

Chaque numéro contient, outre les mémoires originaux, publiés en polonais ou dans une des langues adoptées par les congrès internationaux, des analyses de travaux polonais et etrangers.

Les mémoires originaux et communications doivent être remis sous forme de dactylographies, sans surcharges manuscrites. Les clichés ne doivent pas dépasser 10 cm × 16 cm. Le nombre des figures, dessins et graphiques doit être limité au strict nécessaire et il est désirable qu'ils soient accompagnés d'une légende explicative.

Les auteurs ont droit à 30 tirages à part gratuits.

Abonnement annuel $ 3.

REGULAMIN OGŁASZANIA PRAC W „PRZEGLĄDZIE FIZJOLOGII RUCHU".

1. Prace do druku należy nadsyłać pod adresem: Redakcja „Przeglądu Fizjologii Ruchu" — Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego, Zakład Fizjologii, Warszawa 32.

2. Prace powinny być pisane na maszynie, na jednej stronie arkusza (recto), z pozostawieniem marginesu oraz miejsca wolnego ponad tytułem dla uwag redakcji. Do prac oryginalnych winno być dołączone streszczenie w języku francuskim, angielskim lub niemieckim. Streszczenie może zawierać najwyżej 50 do 100 wierszy druku.

3. Dla uniknięcia znacznych zmian w korekcie prace powinny być starannie wykończone pod względem stylu i pisowni. Znaczniejsze zmiany w korekcie mogą być czynione jedynie na koszt autora.

4. Klisze do prac mogą być tylko w wyjątkowych przypadkach wykonywane na koszt wydawnictwa, z reguły zaś koszt wykonania klisz opłaca autor.

5. Autorzy prac oryginalnych otrzymują 30 odbitek swej pracy bezpłatnie. Autor może na specjalne zamówienie otrzymać większą ilość odbitek, za które opłaca całkowity koszt druku odbitki i papieru.

6. Redakcja zastrzega sobie prawo przeznaczenia na sprzedaż pewnej liczby odbitek.

PRZEGLĄD FIZJOLOGII RUCHU

KWARTALNIK POŚWIĘCONY NAUKOWYM ZAGADNIENIOM WYCHOWANIA FIZYCZNEGO SPORTU I PRACY

ORGAN RADY NAUKOWEJ W. F.

REDAKTOR: Doc. Dr. WŁODZIMIERZ MISSIURO

ROK IX WARSZAWA, marzec—czerwiec 1939 Nr 4

(Laboratorium Badania Zmęczenia, Uniwersytet Harwardski, Boston).

Dill D. B., Missiuro W. i † Edwards H. T.

ZAWARTOŚĆ KWASU MLEKOWEGO, STAN GAZÓW WE KRWI ORAZ ZMIANY pH_s, PODCZAS PRACY MIĘŚNIOWEJ U OSOBNIKÓW O RÓŻNYM STOPNIU USPRAWNIENIA FIZYCZNEGO.

Lactic acid content, blood gases and pH_s changes during muscular exertion in individuals of different degrees of physical fitness.

Wpłynęło: 9.V.1939.

Moderate physical exertion (on an ergometer) involving a 5—7-fold rise of B. M. causes an inconsiderable rise in blood lactic acid, the level of which then remains constant in most cases, during the entire duration of the experiment. The attainment of a steady state is not preceded by a transient rise in blood lactic acid during the first minutes of work. The equilibrium state is maintained up to a certain critical limit of intensity of exertion, the value of which depends on the physical fitness of the subject; inferior physical fitness involves a disturbance in the balance between formation and removal of lactic acid at a lower grade of physical effort. In better trained subjects, on the other hand, the critical limit of intensity of

work is higher, thus favouring the maintenance of homeostasis of the physico-chemical properties of the blood.

The increasingly important rôle of anaerobic processes during work involving a 9—14-fold increase in basal oxygen consumption is manifested by a gradual rise in blood lactic acid, with a corresponding fall in alkaline reserve and pH_s of arterial blood, and a corresponding rise in RQ. This representation of the changes caused by more strenuous exercise performed under conditions of an increasing oxygen debt is supplemented by an icrease in the difference between the pH_s of arterial and venous blood, and in the O_2 combining capacity of blood. The intensity of these phenomena is regularly considerably greater in individuals of lesser physical fitness, who are characterized by the lower efficiency of their adaptive mechanisms.

Brak bezwzględnej zależności pomiędzy nadwyżką zużycia O_2 a zawartością kwasu mlekowego we krwi podczas wypoczynku po pracy i fakty, podnoszące znaczenie procesów oksydacyjnej resyntezy innych związków, biorących udział w metabolizmie mięśni, ponownie skierowują uwagę na zjawiska produkcji i przemiany kwasu mlekowego w okresie pracy. Wydaje się nie ulegać wątpliwości, że wielkość długu tlenowego może stanowić odbicie natężenia przemiany anaerobowej w mięśniach wyłącznie przy krótkotrwałych bardzo intensywnych wysiłkach. W tych tylko warunkach likwidacja długu tlenowego sprowadza się, zgodnie z koncepcją *Hill'a,* do oksydacyjnego usuwania niedotlenionych produktów przemiany z kwasem mlekowym na czele. Przy pracy umiarkowanej wzmożona produkcja kwasu mlekowego ustępuje natomiast miejsca innym anaerobowym przemianom energetycznym (alactacid), które wymagają również do swych końcowych procesów odbudowy nadwyżki zaopatrzenia tlenowego w okresie wypoczynku *(Margaria, Edwards* i *Dill).* Nie mamy dowodów również do wykluczenia możliwości, że przy omawianym rodzaju pracy, pewna część energii do czynności mięśni może pochodzić z bezpośredniego wyzyskania procesów oksydacyjnych. Praca lekka odbywa się zatem bez wyraźniejszego wzrostu koncentracji kwasu mlekowego we krwi, wzgl., jak stwierdzają *Jervell, Bock* i współpr., *Bang* i inn.,

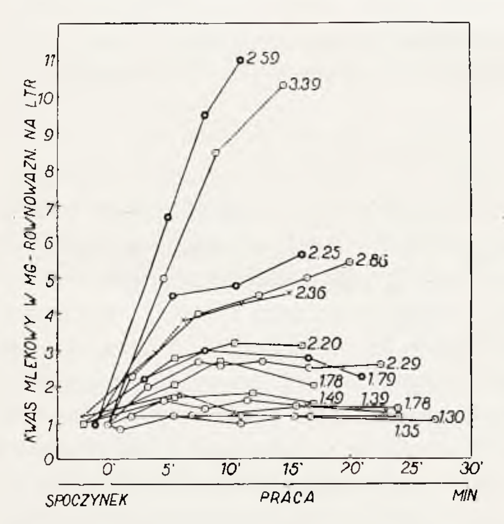
z przemijającym nagromadzeniem go tylko w pierwszych minutach trwania pracy. Dalszego naświetlania wymaga natomiast sprawa równowagi wytwarzania i przemiany kwasu mlekowego przy zwiększeniu natężenia wysiłku. Zanotowany przez *Nowman'a, Dill'a* i inn. fakt, że szybkość likwidacji kwasu mlekowego podczas pracy wzrasta do pewnej krytycznej granicy proporcjonalnie do natężenia wysiłku, świadczy o możliwości występowania stanu równowagi (steady state) kwasu mlekowego pomimo trwania zwiększonej jego produkcji w mięśniach. Uwzględniając dane, przemawiające za utrzymaniem równowagi pomiędzy zawartością kwasu mlekowego w mięśniach i krwi w spoczynku i pracy, za wyjątkiem przypadków szczególnie dużej szybkości jego produkcji (*Hill, Davenport, Eggleton* i *Evans, Margaria* i *Dill*) należałoby wreszcie stwierdzić, jak dalece indywidualny stopień wytrenowania może wpłynąć na utrzymanie równoległości produkcji i usuwania ze krwi kwasu mlekowego przy zwiększeniu intensywności pracy. Niniejszą próbę eksperymentalnego naświetlenia wspomnianych kwestii rozszerzono badaniem skorelowanych z poziomem kwasu mlekowego we krwi podczas pracy zmian pH_s, funkcji wiązania O_2 i transportu CO_2 we krwi tętniczej.

CZĘŚĆ EKSPERYMENTALNA.

Badań dokonano na 4-ch zdrowych osobnikach, w wieku 21—25 lat, różniących się pomiędzy sobą stopniem usprawnienia fizycznego. Oznaczano zespół elementów przemiany oddechowej, koncentrację kwasu mlekowego oraz stanu O_2 i CO_2 we krwi w warunkach podstawowych, jak również podczas pracy o różnym natężeniu. Dobór stopniowo zmienianego obciążenia pracy, wykonywanej na cykloergomierzu, pozwolił na porównanie zmian u poszczególnych osobników zarówno w warunkach steady state jak i przy pracy o wzrastającym zadłużeniu tlenowym. Badania dokonywano w tych samych godzinach rannych i w identycznych warunkach fizjologicznych. Do oznaczeń zawartości kwasu mlekowego pobierano krew z nakłuć palca, robionych w określonych okresach pracy. W ostatniej minucie wykonywania pracy pobierano krew tętniczą (punkcja w art. radialis) do dodatkowych oznaczeń stanu gazów we krwi.

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że niezależnie od stopnia wytrenowania badanych osobników, wzrost zawartości

kwasu mlekowego we krwi podczas pracy lekkiej, podnoszącej zużycie O_2 do 5—7-krotnego zużycia podstawowego jest na ogół bardzo nieznaczny. Koncentracja kwasu mlekowego we krwi utrzymuje się przy tym, na względnie równym poziomie równolegle do krzywej zużycia tlenu. Z wykresu 1 wynika, że, praktycznie biorąc, zawartość kwasu mlekowego, podnosząc się wraz ze wzrostem intensywności pracy ponad poziom spoczynkowy, wykazuje steady state. Ten stan równowagi osiągany jest bez wyraźniejszego wzrostu koncentracji kwasu mlekowego w pierwszych minutach pracy, który występował przy intensywniejszej pracy w badaniach *Henderson'a* i współprac., *Hastings'a, Bang'a.* Obniżenia koncentracji kwasu mlekowego do stałego poziomu w późniejszym okresie, które zaznaczyło się tylko w jednym przypadku (gorzej wytrenowany osobnik Bor.) jako reguły nie mogliśmy stwierdzić. Przeczyłoby to zatem przypuszczeniu *Bang'a,* że uruchomienie mechanizmów przemiany kwasu mlekowego występuje w późniejszych okresach pracy.



Rys. 1. Zawartość kwasu mlekowego we krwi podczas pracy o różnej intensywności. Liczby przy krzywych oznaczają aktualne zużycie tlenu w litrach na min. podczas pracy.

Następnym zjawiskiem, które daje się zanotować w wynikach naszych doświadczeń, jest utrzymywanie się steady state kwasu mlekowego do określonej krytycznej granicy intensywności pracy (wielkości zużycia O_2), wysokość której zależna jest od fizycznego usprawnienia osobnika. U osobników dobrze wytrenowanych krytyczna granica natężenia wysiłku, po przekroczeniu której coraz bardziej występuje przewaga współudzia-

łu procesów anaerobowych pracy wraz z nagromadzeniem kwasu mlekowego w miarę jej trwania, jest wyraźnie wyższa (u osobn. Er. występuje przy 2.86 l/min. zużycia O_2). U osobników gorzej wytrenowanych zwiększenie natężenia wysiłku prowadzi zatem wcześniej do zakłócenia równowagi produkcji i usuwania kwasu mlekowego (u osobn. Lin. przy 2.36 l/min., u Bor. przy 2.26 l/min. zuż. O_2). Jak ilustruje ten sam wykres 1, krzywa wzrostu koncentracji kwasu mlekowego wznosi się w miarę trwania intensywniejszej pracy bardziej stromo u osobników gorzej wytrenowanych, dochodząc do znaczniejszych stopni nagromadzenia kwasu mlekowego we krwi (99.0 mg% u Bor.) przy o wiele mniejszym natężeniu wykonywanego wysiłku.

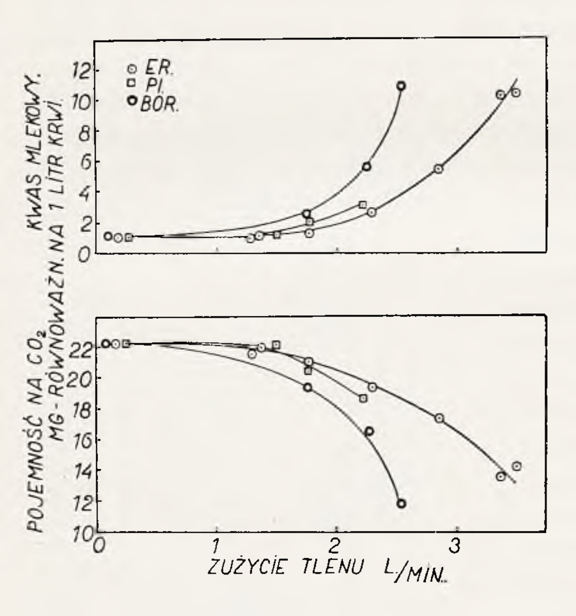
Różnice powyższe uwidaczniają się w całej pełni przy porównaniu zmian wywoływanych pracą o tej samej intensywności. (Tab. I). Wpływ lepszej formy fizycznej zaznacza się zwłaszcza przy pracy intensywniejszej, wykonywanej przy zużyciu O_2 rów-

TAB. I.

Wentylacja płuc i zużycie O_2 oraz zmiany we krwi tętniczej podczas pracy u osobników o różnym stopniu wytrenowania.

Osobnik	Wentylacja płuc l/min			Zużycie tlenu l/min			Kwas mlekowy m Eq/l			Pojemność krwi na O_2			pH_s krwi tętniczej		
	Spoczynek	Praca lekka	Praca umiarkowana	Spoczynek	Praca lekka	Praca umiarkowana	Spoczynek	Praca lekka	Praca umiarkowana	Spoczynek	Praca lekka	Praca umiarkowana	Spoczynek	Praca lekka	Praca umiarkowana
Er.	4.2	24.1	42.3	0.239	1.30	2.30	1.1	1.1	2.7	22.7	21.6	19.4	7.40	7.37	7.31
Lin.	5.5	27.5	59.3	0.247	1.39	2.36	1.2	1.4	4.5	22.6	20.6	17.8	7.39	7.37	7.32
Pi.	4.6	25.9	39.1	0.262	1.49	2.22	1.1	1.3	3.1	22.4	22.2	18.9	7.37	7.39	7.26
Bor.	4.5	33.0	73.4	0.235	1.79	2.59	1.1	2.6	11.0	22.3	19.5	11.7	7.36	7.31	7.14

nym 9—10-krotnej wielkości zużycia podstawowego. O ile więc trzej pierwsi osobnicy z Er. na czele, jako najlepiej usprawnionych fizycznie, nie różnią się pomiędzy sobą w sposób wybitniejszy, o tyle wyraźniejsze zmiany badanych funkcyj przy pracy cechują niższą sprawność osobnika Bor. Przejawia się ona w nieproporcjonalnie dużym w stosunku do pobierania O_2 wzroście wentylacji płuc,, wysokiej koncentracji kwasu mlekowego we krwi tętniczej w ostatniej minucie pracy, łącznie z bardziej zaznaczoną redukcją rozporządzalnych rezerw zasadowych (o 47.5%) i obniżeniem pH_s (o 0.22).



Rys. 2. Zmiany zawartości kwasu mlekowego i pojemność krwi na CO_2 podczas pracy o różnej intensywności (wyrażonej w wielkości zużycia tlenu w litrach na min.). Osobnik Er. dobrze wytrenowany, osobn. Bor. o słabej kondycji fizycznej.

Zmiany rezerwy alkalicznej we krwi tętniczej, odzwierciadlając poziom zawartości kwasu mlekowego (rys. 2), potwierdzają zatem raz jeszcze spostrzeżenie *Bock'a* i współpr. że stopień redukcji rezerwy alkalicznej może stanowić miernik stanu wytrenowania. W warunkach naszych doświadczeń, tzn. przy wzroście intensywności tego samego rodzaju pracy nagromadzenie się kwasu mlekowego we krwi tętniczej wraz z odpowiednim spadkiem rezerwy alkalicznej i wzrostem RQ okazuje na ogół daleko idącą równoległość do wielkości aktualnego zużycia tlenu i wentylacji płuc. Dość regularne obniżenie w stosunku do wzrostu natężenia pracy ujawnia, poczynając od około 2 l/min.

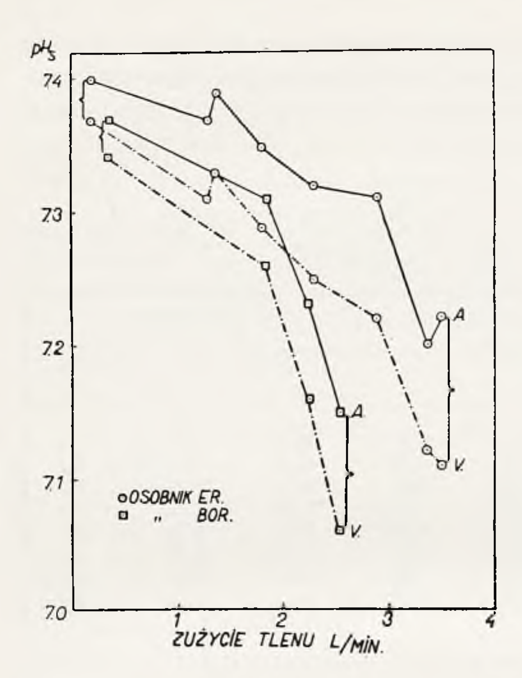
zużycia tlenu, również pH_s krwi tętniczej, obliczone z równania *Henderson-Hasselbalch'a* oraz kontrolowane w poszczególnych przypadkach przez bezpośrednie pomiary elektrometryczne. (Tab. II).

TAB. II.

Wentylacja płuc i zużycie tlenu oraz zmiany we krwi podczas pracy o różnej intensywności u osobnika wytrenowanego (Er.).

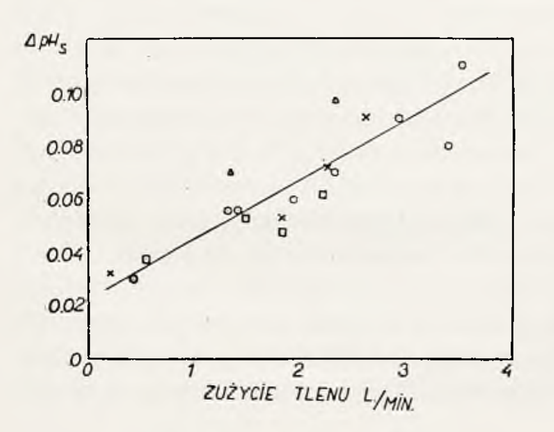
	Wentylacja płuc l/min	Zużycie tlenu l/min	RQ	Krew tętnicza		
				Pojemność krwi na CO_2 mEq/l	pH_s	Kwas mlekowy mEq/l
Spoczynek	4.2	0.24	0.85	22.7	7.40	1.1
Praca	24.1	1.30	0.86	21.6	7.37	1.1
„	24.8	1.35	0.89	22.0	7.39	1.2
„	30.2	1.78	0.88	21.0	7.35	1.4
„	40.3	2.29	0.93	19.5	7.32	2.6
„	65.0	2.86	0.98	17.4	7.31	5.5
„	80.2	3.39	0.99	13.7	7.20	10.3
„	93.6	3.50	1.19	14.3	7.22	10.4

Dla uzupełnienia obrazu zmian właściwości fizyko-chemicznych krwi w zależności od natężenia wysiłku i stanu wytrenowania osobnika dokonano również orientacyjnych obliczeń pH_s krwi żylnej. W tym celu posługiwano się uzyskanymi przy bezpośrednim oznaczeniu danymi zawartości we krwi tętniczej O_2 i CO_2, jak również odnośnej wielkości ciśnienia we krwi CO_2 (pCO_2), określonego z nomogramu. Przy znanych wielkościach pobierania O_2 i wydalania CO_2 przez płuca oraz przyjęciu objętości minutowej serca według norm *Christensen'a* (objętość minut. serca w stosunku do aktualnego zużycia O_2) otrzymywano ilość O_2 pobieranego i CO_2 wydalanego przez 1 litr krwi. Odejmując dla O_2 i dodając dla CO_2 powyższe wartości do odnośnych danych dla krwi tętniczej otrzymywano zawartość O_2 i CO_2 we krwi żylnej. Po uwzględnieniu współczynnika rozpuszczalności tlenu w osoczu przy danej T^0 ciała i danym nasyceniu krwi tlenem oraz wprowadzeniu poprawki dla CO_2 na niedosycenie krwi tlenem przy danym ciśnieniu CO_2 w tonometrze, uzyskiwano ostatecznie zawartość CO_2 we krwi żylnej. Dalszych obliczeń, po odczytaniu z nomogramu odpowiadającej wielkości pCO_2, dokonywano w sposób zwykły. Uzyskane tą drogą dane (rys. 3) pozwalają stwierdzić, że znaczniejsze nagromadzenie kwasu mlekowego i większa redukcja pojemności



Rys. 3. Zmiany pH_s krwi tętniczej i żylnej podczas pracy o różnej intensywności (wyrażonej w wielkości zużycia tlenu w litrach na min.), u osobnika dobrze (Er.) i gorzej (Bor.) wytrenowanego.

krwi na CO_2 u osobnika gorzej wytrenowanego łączy się z dalej posuniętym obniżeniem pH_s krwi żylnej (u osobn. Bor. do 7.05), które występuje nadto już przy mniejszej intensywności pracy, w porównaniu z zmianami u osobnika lepiej usprawnionego fizycznie (Er.). Z tego samego wykresu 3, jak również z wykr. 4, w którym zestawiono dane kilkunastu doświadczeń na 4-ch osobnikach, wynika, że postępujące ze wzrostem intensywności pracy (wielkości zużycia O_2) zwiększenie zakwaszenia krwi żylnej jest bardziej zaznaczone w zestawieniu z analogicznymi zmianami



Rys. 4. Różnica pomiędzy pH krwi żylnej i tętniczej (ΔpH_s) podczas pracy o różnej intensywności (wyrażonej w wielkości zużycia tlenu w litrach na min.).

we krwi tętniczej: różnica pH_s krwi tętniczej a krwi żylnej (ΔpH_s) zwiększa się równolegle do wzrostu zużycia O_2 podczas pracy.

Zwiększenie zdolności krwi wiązania O_2 podczas pracy, opisane przez *Bock'a* i współpr., wystąpiło w niniejszych doświadczeniach jako stałe zjawisko dopiero, poczynając od natężenia pracy, podnoszącej zużycie tlenu do 2 l na min. Lżejszej pracy towarzyszyły zmiany b. nieznaczne przy czym w 2 przypadkach pojemność krwi na tlen okazała również skłonność do lekkiego obniżenia. Zmiany pojemności krwi na O_2 ujawniają wyraźną zależność od stanu usprawnienia osobnika. Zanotowanie tego faktu uzupełnia dawniejsze spostrzeżenie *Dill'a* i współprac., nie stwierdzających owej zależności. U osobnika lepiej wytrenowanego (Er.) wzrost pojemności krwi na O_2 podczas pracy, podnoszącej podstawowe zużycie tlenowe 11 razy, dochodzi do 103.7% wartości spoczynkowej, wtenczas gdy u osobnika najgorzej usprawnionego (Bor.) wysiłek fizyczny, wzmagający natężenie metabolizmu do tego samego poziomu, zwiększa pojemność krwi na O_2 do 118.9% wart. spoczynk. (Tab. III).

TAB. III.

Zależność pomiędzy pojemnością krwi na O_2 a wzrostem zużycia O_2 podczas pracy o różnej intensywności.

Osobn. Er.		Osobn. Bor.	
Wzrost podst. zużycia O_2 razy	Wzrost pojemn. krwi na O_2 % wart. spocz.	Wzrost podst. zużycia O_2 razy	Wzrost pojemn. krwi na O_2 % wart. spocz.
7.4	99.3	7.6	110.9
9.5	107.4	9.6	111.4
11.9	103.7	11.0	118.9
14.1	104.7	—	—
14.7	105.1	—	—

Analogiczny kierunek zmian pojemności krwi na O_2 zanotowali *Talbott* i *Dill* podczas pobytu w górach, *Graybiel* i współprac. w stanach hipoksemii u osobników zdrowych i sercowo-chorych oraz *Missiuro* i współpr. w tych samych warunkach u osobników o różnym stopniu treningu wysokogórskiego. Również i w przytoczonych obserwacjach wzrost pojemności krwi na O_2 stanowił przy wytworzeniu stanu hipoksemii regułę u sercowo-chorych i zdrowych osobników nie zaadaptowanych do działania niskiego ciśnienia tlenu. Należy sądzić, że omawiane

zjawisko posiada w tych przypadkach, podobnie jak i u osobników gorzej wytrenowanych podczas pracy, większe znaczenie, jako jeden z mechanizmów kompensujących większe stopnie niedoboru tlenowego. Prócz erytremii i wzrostu koncentracji Hb, które mogą mieć miejsce przy uruchomieniu dodatkowej ilości krwinek ze zbiorników krwi (śledziona i inn.), w występowaniu powyższych zmian zdolności krwi wiązania tlenu współdziała, jak wykazują badania *Dill'a* i współprac., również i zagęszczenie krwi na skutek dehydracji.

ZESTAWIENIE WYNIKÓW.

Lekka praca fizyczna (na ergomierzu), podnosząca u 4-ch badanych osobników zużycie O_2 do 5—7-krotnego zużycia podstawowego, wywołuje nieznaczny wzrost koncentracji kwasu mlekowego we krwi, utrzymujący się w większości przypadków na tym samym poziomie przez cały czas trwania pracy. Ustalenie się stanu równowagi (steady state) nie jest poprzedzane przemijającym wzrostem koncentracji kwasu mlekowego w pierwszych minutach pracy. Stan równowagi kwasu mlekowego utrzymuje się do pewnej krytycznej granicy wzrostu intensywności pracy zależnego od stopnia wytrenowania osobnika: gorsze usprawnienie fizyczne wpływa na zakłócenie równowagi produkcji i usuwania kwasu mlekowego przy mniejszym natężeniu wysiłku. Lepszy stan wytrenowania przeciwnie odsuwa krytyczną granicę intensywności pracy, sprzyjając utrzymywaniu niezmienności fizyko-chemicznych własności krwi.

Wzrastający współudział procesów anaerobowych w pracy przy podniesieniu jej natężenia do 9—14-krotnej normy podstawowego zużycia O_2 przejawia się w stopniowym wzroście koncentracji kwasu mlekowego we krwi ku końcowi pracy łącznie z równoległą redukcją zasobu zasad, wzrostem RQ i obniżeniem pH_s krwi tętniczej. Powyższy obraz zmian, wywoływanych intensywniejszą pracą, wykonywaną z wzrastającym zadłużeniem tlenowym, uzupełnia zwiększenie różnicy w kwasowości krwi tętniczej i żylnej (ΔpH_s) oraz wzmożenie pojemności krwi na tlen. Nasilenie przejawów wyżej wyszczególnionych zjawisk jest z reguły o wiele znaczniejsze u osobników o gorszej kondycji fizycznej, odznaczających się mniejszą wydolnością mechanizmów adaptacyjnych.

PIŚMIENNICTWO.

Bang, O.: Skand. Arch. Physiol. *74* (49). 1936.
Bock, A. V., van Caulaert, C., Dill, D. B., Fölling, A., a. *Hurxthal, L. M.:* J. Physiol. *66* (136). 1928.
Christensen, H.: Arbeitsphysiol. *4* (470). 1931.
Davenport a. *Davenport:* J. Biol. Chem. *76* (651). 1928.
Dill, D. B., Talbott, J. H. a. *Edwards, H. T.:* J. Physiol. *69* (267). 1930.
Eggleton, M. G. a. *Evans, C. L.:* J. Physiol. *70* (261). 1930.
Graybiel, A., Missiuro, W., Dill, D. B. a. *Edwards, H. T.:* J. Aviat. Med. *8*. Nr. 4. 1937.
Henderson, L. J., Dill, D. B., van Caulaert, C., Fölling, A. a. *Coolidge, T. C.:* J. Biol. Chem. *74* (36). 1927.
Hill, A. V.: Physiol. Rev. *12* (56). 1932.
Hill, A. V., Long, C. N. H. a. *Lupton, H.:* Proc. Roy. Soc. *96* (438). 1924.
Jervell, O.: Acta med. Skand. *24*. 1928.
Margaria, R., Edwards, H. T. a. *Dill, D. B.:* Amer. Journ. Physiol. *106* (689). 1933.
Missiuro, W., Niemierko, S., Perlberg, A. a. *Pawlak, B.:* Przegl. Fizjol. Ruchu. *9* (122). 1939.
Newman, E. V., Dill, D. B., Edwards, H. T. a. *Webster, F. A.:* Amer. J. Physiol. *118* (457). 1937.
Talbott, J. H. a. *Dill, D. B.:* Amer. J. of the Med. Scien. *192* (626). 1936.

(Zakład Fizjologii Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego. Kierownik Doc. Dr W. Missiuro).

S. Niemierko i W. Włoczewska.

ODCZYN DONAGGIO'A JAKO TEST ZNUŻENIA.

Donaggio's reaction as a test of fatigue.

Wpłynęło 27.IV.1939.

The object of the present research was to examine *Donaggio's* reaction at rest and during muscular work and to prove its fitness as a test of fatigue after physical effort of different intensity.

The experiments were made on healthy subjects chiefly on students of the Academy of Physical Education. The work was done on a Krogh cycloergometer.

The following results were obtained:

(1) *Donaggio's* reaction takes place not only after some physical effort but also at rest. This may depend on the fact that the investigated persons had been undergoing intensive training and were seldom completely reposed.

(2) After a moderate work the reaction does not change but after more intesive work it becomes very distinct. The intensity of the reaction largely depends upon the individual qualities of the examined subject.

(3) The greater the intensity of the effort executed by a given individual, the more intensive is the colour reaction.

(4) At the beginning of each experiment the reaction must always be performed with the subject at rest. It is not the absolute intensity of the colour which determines the degree of

fatigue after some physical effort but only its relative change in comparison with the rest value.

(5) The addition of small amounts of proteins to the urine has no influence upon the reaction of *Donaggio*. This proves that the reaction is not caused by albuminuria.

Poszukiwania szeregu autorów, mające na celu znalezienie obiektwnego sprawdzianu stopnia znużenia, dotychczas nie dały zadowalniających wyników. Ciągłe gromadzenie odnośnych spostrzeżeń nad szeregiem zmian fizjologicznych, zachodzących w ustroju pod wpływem pracy fizycznej, doprowadziło jednak do opracowania kilku „testów znużenia". Jednym z nich, stosowanych głównie przez badaczy włoskich, jest odczyn *Donaggio'a*, polegający na tym, iż w pewnych określonych warunkach mocz i płyn mózgowo-rdzeniowy wykazują zdolność do hamowania reakcji między tioniną i molibdenianem amonu. Normalnie pod wpływem działania molibdenianu amonu tionina ulega strąceniu, osad opada na dno probówki, płyn zaś znajdujący się nad nim ulega odbarwieniu. Reakcja ta wg danych *Donaggio'a* nie ulega zmianie, jeśli dodamy do mieszaniny normalny mocz lub płyn mózgowo-rdzeniowy. Pod wpływem niektórych stanów chorobowych oraz zmęczenia zarówno płyn mózgowo-rdzeniowy jak i mocz hamują powyższą reakcję: ilość osadu zmniejsza się lub też nie wytrąca się on wcale, płyn zaś zupełnie nie zmienia intensywności zabarwienia lub też w znacznie słabszym stopniu niż normalnie. Zjawisko to nosi nazwę z j a w i s k a h a m o w a n i a (il fenomeno d'ostacolo, Hämmungseffekt).

Występowanie tego zjawiska czyli „odczyn hamowania" stwierdził *Donaggio* w przypadkach gorączki samoistnej i sztucznie wywołanej, pod wpływem wstrzykiwań wyciągów niektórych gruczołów wydzielania wewnętrznego, wstrzykiwań związków bizmutu, rtęci, arsenu; u epileptyków w związku z napadami drgawkowymi, wreszcie po pracy fizycznej w stanach zmęczenia u ludzi zdrowych.

Zjawiający się wkrótce po wyczynie sportowym dodatni odczyn *Donaggio'a* znika zwykle po kilku godzinach wypoczynku. *Donaggio* stwierdził przy tym, że intensywność odczynu jest odwrotnie proporcjonalna do stopnia wytrenowania zawodni-

ków; w miarę narastającego treningu występuje spadek intensywności „zjawiska hamowania". Szereg spostrzeżeń nad występowaniem „zjawiska hamowania" poczynili nadto *Barbera* po zawodach sportowych, *Tonini* po pływaniu, *Simonelli* po pracy na cykloergomierzu.

Mechanizm powstawania „zjawiska hamowania" dotychczas nie jest wyjaśniony. *Donaggio* sądzi, że odczyn ten stoi w związku z ciałami koloidowymi i ich działaniem ochronnym; przypuszczenie swoje opiera przy tym na następujących faktach doświadczalnych: 1) mocz lub płyn mózgowo-rdzeniowy, mający „zdolność hamowania", zmieszany z kaolinem lub węglem zwierzęcym i odsączony traci tę właściwość, 2) dializa moczu lub płynu mózgowo - rdzeniowego usuwa „zdolność hamowania", 3) pozostałość z dializatora rozpuszczona do pierwotnej objętości w wodzie destylowanej nabiera znów własności hamowania reakcji pomiędzy tioniną a molibdenianem amonu.

Również *Cortessi* i *Fattovich* potwierdzą znaczenie koloidów w mechanizmie powstania odczynu *Donaggio'a*. Te same bowiem substancje, które wywołują „zjawisko hamowania", obniżają również napięcie powierzchniowe moczu. „Zjawisko hamowania" jest według wymienionych autorów podobnie jak zjawisko obniżania napięcia powierzchniowego procesem fizyko-chemicznym, związanym z powstawaniem pewnych koloidowych produktów niezupełnego rozpadu białkowego tzw. stalagmonów *Bechholda* i *Reinera*. Substancje te występują w moczu w różnych stanach gorączkowych, w czasie napadów epilepsji, przy różnych intoksykacjach oraz podczas zmęczenia fizycznego, a więc we wszystkich przypadkach, gdy zachodzi nadmierny rozpad białka. „Zjawisko hamowania" stoi w związku z prawem *Gibbsa,* według którego substancje zmniejszające napięcie powierzchniowe mają właściwość adsorbowania się na pogranicznych warstwach, w danym przypadku na barwikowych ziarenkach tioniny, tworząc warstwę chroniącą przed strącającymi własnościami molibdenianu amonu. „Zjawisko hamowania" jest według tych autorów czystym procesem obniżania napięcia powierzchniowego.

Odmienne przypuszczenie wyrażają *Buscaino* i *Longo,* wg których „zjawisko hamowania" zależy od szeregu różnorodnych czynników, jak pH moczu, stężenia chlorków, fosforanów, węglanów. *Barbera* wiąże powstawanie odczynu *Donaggio'a* z wy-

stępowaniem w moczu urobiliny oraz substancji redukujących miedź jak również przemijającej albuminurii. Odrębne stanowisko zajmuje *Simonelli,* który uważa, że „zjawisko hamowania" zawdzięcza swoje powstanie normalnym składnikom moczu.

Z tego krótego przeglądu piśmiennictwa wynika, że mechanizm powstawania „zjawiska hamowania" nie jest wyjaśniony; brak również większej liczby spostrzeżeń nad zależnością pomiędzy ilością wykonanej pracy a intensywnością odczynu *Donaggio'a.*

Badania niniejsze miały na celu sprawdzenie metody *Donaggio'a* w warunkach spoczynku mięśniowego oraz jej przydatności do oceny ogólnych wpływów pracy o różnej intensywności.

METODYKA ODCZYNU DONAGGIO'A.

Odczynniki:

1) wodny roztwór tioniny Mercka (rozpuszczać na gorąco) 1:1000,
2) wodny roztwór tioniny 1:10000,
3) 4% roztwór molibdenianu amonu z dodatkiem 1 kropli HCl na każde 25 ml roztworu.

Sposób postępowania: mocz lub płyn mózgowo-rdzeniowy przed użyciem do badań należy przesączyć (mocz alkaliczny zakwasić HCl), gotować do wrzenia przez 1—2 min, oziębić i sączyć powtórnie.

Reakcję wykonywa się w dwóch fazach:

I faza: Badany mocz lub płyn mózgowo-rdzeniowy i odczynniki rozlewa się w różnych proporcjach i kolejności do 6 probówek do wirowania wg poniższego schematu:

A: 2 ml 4% $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$+2 ml moczu, zmieszać i dodać 1 ml tioniny 1:1000, zmieszać i odstawić.

A': 2 ml moczu + 1 ml tioniny 1:1000, zmieszać, dodać 1 ml 4% $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$, zmieszać i odstawić.

A'': 2 ml moczu + 1 ml 4% $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ zmieszać, dodać 1 ml tioniny 1:1000, zmieszać i odstawić.

A''': 2 ml moczu + 1 ml $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ zmieszać, dodać 1 ml tioniny 1:1000, zmieszać i odstawić.

B: 1 ml 4% $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ + 1 ml moczu, zmieszać, dodać 1 ml tioniny 1:10000, zmieszać i odstawić.

B': 1 ml moczu + 2 ml tioniny 1:10000, zmieszać, dodać 1 ml $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$, zmieszać i odstawić.

Badane próby pozostawia się w spokoju na 24 godz., po czym określa się wyniki reakcji w następujący sposób: jeśli tionina uległa całkowitemu strąceniu, a płyn nad osadem jest bezbarwny, to wynik oznaczamy cyfrą *0*, odwrotnie, przy braku osadu i bardzo silnym zabarwieniu słupa płynu — cyfrą *5*, pośrednie wyniki, zależnie od intensywności barwy, oznaczamy przez *1*, *2*, *3*, *4*. W próbach A, A', A'', A''', nawet przy wybitnie dodatnim wyniku, zwykle znajdujemy trochę osadu na dnie probówki, przy zupełnym braku osadu oznaczamy wynik cyfrą *6*, jako wyjątkowo silnie dodatni. W przypadku, gdy płyn nad osadem jest mętny, przed określeniem liczbowym reakcji ciecz poddajemy wirowaniu.

Po oznaczeniu wyników I fazy, przystępujemy do wykonania II fazy reakcji. Zawartość wszystkich 6 probówek (poza tymi, które w fazie I dały wynik wyraźnie ujemny) wstrząsa się, sprawdza się odczyn (jeśli jest alkaliczny — to zakwasza się HCl), następnie gotuje się przez 1 min i pozostawia na dalsze 24 godz., po czym określa się wyniki liczbowe, podobnie jak w fazie I. Następnie sumuje się wyniki fazy I i II oddzielnie. Suma tych dwóch stanowi o wyniku ostatecznym.

Np.	A	A'	A''	A'''	B	B'		
Faza I	1	0	5	1	4	3	suma	14
Faza II	1	0	3	2	1	1	„	8
							wart. glob.	22

Przy najsilniej występujących „zjawiskach hamowania' otrzymuje się wartość globalną maksymalną wynoszącą *60* (w wyjątkowych przypadkach może dojść do *72*).

PRÓBY KOLORYMETRYCZNEGO OZNACZANIA INTENSYWNOŚCI REAKCJI.

Ze względu na to, iż liczbowe określenie „zdolności hamowania" według sposobu podawanego przez *Donaggio'a* jest połączone z subiektywną oceną i może przy małej wprawie prowadzić do dość dużych błędów oznaczania, w badaniach niniejszych próbowano zmniejszyć błąd odczytywania przez zastosowanie kolorymetrii. Pierwszym zadaniem było wybranie odpowiedniego roztworu standartowego, który mógłby służyć do

porównywania z badanym moczem. Wydawało się, że najprostszym roztworem standartowym będzie tionina w różnych rozcieńczeniach, jednakże okazało się, że tionina zmieszana z molibdenianem amonu ma inny odcień, niż tionina w wodnym roztworze i wobec tego nie może służyć jako skala porównawcza przy kolorymetrowaniu. Wobec tego nasunęła się myśl by używać tioniny zmieszanej z $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ z dodatkiem jakiegoś ciała, posiadającego zdolność hamowania reakcji pomiędzy tioniną a molibdenianem amonu, a przez to utrzymywania tioniny w roztworze.

Ponieważ z badań *Donaggio'a* wynika, że zjawisko hamowania związane jest prawdopodobnie z działaniem ochronnym koloidów, próbowano użyć jako czynnika hamującego: skrobię, białko kurze i żelatynę. Sposób postępowania był następujący: do molibdenianu amonu dodawano skrobię w różnym stężeniu (od 0.1 ml 1% skrobi aż do 3.0 ml 5% skrobi) dopełniano wodą do równej objętości i wreszcie dodawano tioniny. Jednakże wyniki nie dały pozytywnych wyników: przy małym stężeniu skrobi hamowanie było słabe, przy większych natomiast roztwór mętniał i nie nadawał się do kolorymetrowania.

Spróbowano wobec tego zastąpić skrobię białkiem kurzym w roztworze o zawartości 4.95%, dodając od 0.1 ml do 3.0 ml wymienionego roztworu. Ponieważ w próbach tych hamowanie całkowite nie wystąpiło, intensywność zaś hamowania była jednak proporcjonalna do ilości białka — zwiększono więc ilość dodawanego białka, przy czym tioninę, molibdenian amonu i białko mieszano w różnej kolejności. Z wykonanych prób okazało się jednak, że białko kurze hamuje strącanie tioniny przez molibdenian, lecz dość słabo — zaledwie w kilku przypadkach otrzymano całkowite zahamowanie reakcji; przy ilości molibdenianu, stosowanej w metodzie *Donaggio'a*, hamowanie całkowite nie wystąpiło.

W związku z powyższymi próbami zbadano, jak zachowuje się odczyn *Donaggio'a* przy bardzo małych ilościach białka. Chodziło bowiem o stwierdzenie, czy zjawisko hamowania zależy od obecności białka w moczu, jak to przypuszcza *Barbera*. W tym celu białko kurze rozcieńczono do 0.033‰, przesączono, zagotowano, przesączono powtórnie i nastawiono na próbę *Donaggio'a* według jego metody, dodając zamiast moczu wymienionego wyżej roztworu. Odczyn *Donaggio'a* był wszędzie

ujemny. Wynik ten wskazuje, iż płyn zawierający białko nawet w ilości dostępnej do wykazania zwykłymi metodami jakościowymi, nie daje odczynu *Donaggio'a.* Przemawiałoby to przeciw przypuszczeniu, że dodatni odczyn hamowania wywołany jest zawartością minimalnych ilości białka.

Jako trzeci rodzaj substancji, hamującej reakcję pomiędzy tioniną a molibdenianem, zastosowano żelatynę w roztworze o różnym stężeniu: dodawano do tioniny i molibdenianu od 2 ml 0.25% roztworu do 2 ml 5% roztworu. Żelatyna okazała się środkiem bardzo dobrze hamującym odczyn *Donaggio'a,* za każdym razem tionina nie ulegała strąceniu przy zachowaniu przezroczystości płynu. Przystąpiono wówczas do prób, mających na celu przygotowanie całego szeregu roztworów tioniny zmieszanej z 0.5% roztworem żelatyny, mogących służyć za skalę porównawczą przy określaniu wyniku przy właściwych analizach. Roztwory zawierały tioninę w różnym stężeniu, molibdenian amonu, ponadto zahamowanie reakcji było całkowite. Wydawało się, że próby te doprowadziły do pożądanego wyniku. Dalsze jednak analizy wykazały słabe strony zastosowanej „skali porównawczej", okazało się bowiem, że w większości przypadków odcień płynu nastawionego na odczyn *Donaggio'a* był odmienny i nie dał się porównywać. Mocz bowiem w swoisty sposób wpływa na zabarwienie tioniny, co znajduje potwierdzenie w fakcie, że odcień zabarwienia wykazywał duże wahania indywidualne (należy zaznaczyć, że kompensacja barwy moczu w kolorymetrze również nie pomagała). Wobec tego przystąpiono do ostatniej próby, zmierzającej do usunięcia wpływu moczu na zabarwienie roztworu. W tym celu każdorazowo jednocześnie z nastawianiem próbki moczu na odczyn *Donaggio'a* przygotowywano odpowiednie roztwory porównawcze z dodaniem 1 ml moczu badanego. Niestety okazało się, że i ta metoda zawiodła. Pomimo bowiem dodawania moczu występowały duże różnice w zabarwieniu płynów, przy czym ten sposób postępowania komplikował nadmiernie metodę *Donaggio'a,* której jedną z głównych zalet jest łatwość wykonania, prosty i tani sprzęt (probówki i statywy, ręczna wirówka), co pozwala na stosowanie omawianego odczynu nawet w skromnie wyposażonych poradniach sportowo-lekarskich.

W dalszych więc badaniach stosowano metodę wg sposobu postępowania, podanego przez *Donaggio'a.*

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA.

Wstępne analizy, wykonane dla zapoznania się z metodą, wykazały, że nawet u osób zupełnie zdrowych, znajdujących się w stanie spoczynku mięśniowego odczyn *Donaggio'a* jest przeważnie dodatni. Przed przystąpieniem więc do właściwych doświadczeń, mających na celu zbadanie wpływu pracy na odczyn *Donaggio'a* — należało sprawdzić, jakim wahaniom ulega badana reakcja w warunkach spoczynku mięśniowego u tego samego osobnika zależnie od dnia badania i jaka jest rozpiętość wahań indywidualnych.

W tym celu przeprowadzono szereg analiz na osobnikach zdrowych i wytrenowanych, przeważnie słuchaczach[1]) i słuchaczkach A. W. F.

TAB. I.

Odczyn *Donaggio'a w spoczynku.*

Kobiety			Mężczyźni		
Nr dośw.	Osobnik	Odczyn *Donaggio'a*	Nr dośw.	Osobnik	Odczyn *Donaggio'a*
1	W. L.	14	18	S. G.	25
2	"	10			
3	"	4	19	H. C.	30
4	"	5			
5	"	10	20	B. P.	15
			22	"	9
6	W. B.	5			
21	"	27	21	W. P.	38
19	"	13	25	"	2
18	P. K.	41	23	R. G.	20
20	"	24			
11	"	33	26	E. W.	13
7	Z. R.	14	27	K. R.	19
8	A. D.	29			
9	W. K.	25			
10	E. B.	35			
12	E. J.	23			
13	E. Bi.	22			
14	R. L.	21			
15	A. H.	33			
16	J. Li	1			
17	J. L.	27			
28	E. B.	15			

1) Badania na słuchaczach A. W. F. wykonał p. Dr H. Czuperski.

Z analiz przedstawionych w tab. I wynika, że w warunkach spoczynku mięśniowego prawie we wszystkich przypadkach u naszych badanych odczyn *Donaggio'a* jest dodatni, wykazując przy tym dość znaczne wahania indywidualne (od 1—41). Należy również podkreślić, że „zdolność hamowania" nie jest dla danego osobnika wartością stałą, charakterystyczną, lecz ulega znacznym różnicom w poszczególnych dniach badań. Nie stwierdzono wyraźniejszych odchyleń zależnie od płci badanych.

Ponieważ przypuszczano, że jednym z czynników wpływających na znaczne różnice „zjawiska hamowania" w poszczególnych doświadczeniach może być sposób odżywiania, przeprowadzono więc kilka doświadczeń na czczo na tych samych osobnikach. Jednakże z tab. II, w której podano odnośne wyniki analiz wynika, że nie ma większych różnic w „zdolności hamowania" moczu wydalanego w warunkach na czczo i w 1—2 godz. po śniadaniu.

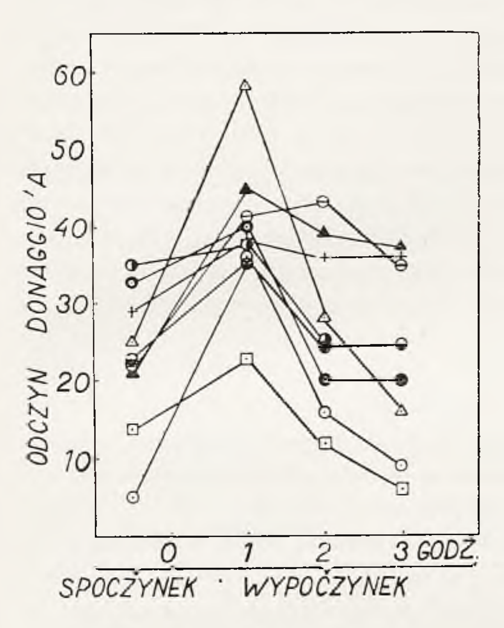
TAB. II.

Wpływ przyjęcia posiłku na odczyn *Donaggio'a.*

Osobnik	W. B.		P. K.		W. L.	A. P.
Na czczo	31	17	41	25	16	15
Po śniadaniu	27	13	41	24	10	15

Celem zbadania wpływu wysiłku fizycznego i występującego po nim zmęczenia na odczyn *Donaggio'a,* przeprowadzono serię doświadczeń, w których praca wykonywana polegała na jeździe na cykloergomierzu *Krogha.* Badano u każdego osobnika mocz przed pracą i kilkakrotnie po wysiłku. W pierwszej serii doświadczeń zastosowano dla wszystkich badanych słuchaczek A.W.F. J.P. jednakowy wymiar pracy, o natężeniu 720 kgm/min przez okres 10 min. Wykonane analizy wykazały po pracy wzrost „zdolności hamowania" utrzymujący się w niektórych przypadkach nawet przez 3 godz. (A. D., E. Bi.), w przeważającej jednak liczbie doświadczeń po 2 godz. otrzymywano wyniki zbliżone do spoczynkowych. Wyniki tej serii doświadczeń przedstawiono na wykresie 1, wg sposobu stosowanego przez *Donag-*

gio'a. Należy zaznaczyć, że po pracy „zjawisko hamowania" wykazuje mniejsze wahania indywidualne niż w spoczynku.



Rys. 1. Zmiany odczynu *Donaggio'a* u 8 osób pod wpływem pracy fizycznej. (Natężenie pracy — 720 kgm/min., czas trwania pracy—10 min.)

Dla stwierdzenia wpływu czasu trwania pracy na zdolność hamowania, przeprowadzono kilka doświadczeń na tym samym osobniku, przy czym natężenie pracy nie ulegało zmianie — przedłużono tylko jej czas trwania. (Tab. III).

TAB. III.

Zmiany w odczynie *Donaggio'a* po różnym czasie trwania pracy.

Czas trwania pracy Min.	Odczyn *Donaggio'a*				
	Spoczynek	Po pracy			
		35 Min	1h	2h	3h
5	10	13	—	19	—
7	4	14	—	14	12
14	5	—	18	22	10
20	10	—	16	14	10

Z powyższego zestawienia nie daje się stwierdzić, by odczyn *Donaggio'a* po pracy dłuższej był bardziej intensywny; możliwym się wydaje, iż przyczyny tego należy się doszukiwać w zbyt małym natężeniu zastosowanego wysiłku — 360 kgm/min. Po-

twierdzeniem tego przypuszczenia mogą być dwa doświadczenia wykonane na innych osobnikach, u których po pracy o takim samym natężeniu odczyn *Donaggio'a* w ogóle nie uległ zmianie.

Przy przedłużeniu czasu trwania pracy (z 15 min. na 20 min.) o większym natężeniu (720 kgm/min) można było stwierdzić pewną tendencję do występowania silniejszego „zjawiska hamowania".

Na cały szereg funkcyj fizjologicznych, jak wielkość zużycia tlenu, dług tlenowy, zmiany we krwi itp. większy wpływ ma wzrost natężenia pracy niż przedłużenie jej czasu trwania, dla stwierdzenia więc czy i podobnie zachowuje się „zjawisko hamowania" — przeprowadzono kilka orientacyjnych doświadczeń (tab. IV).

TAB. IV.

Wpływ natężenia pracy na odczyn *Donaggio'a*.

Osobnik	Natężenie pracy Kgm/Min	Czas trwania pracy Min	Odczyn *Donaggio'a*		
			spocz.	bezpośrednio po pracy	2 h po pracy
B. P.	180	10	15	37	—
	720	10	9	42	—
	1440	10	10	50	29
W. P.	720	20	2	32	28
	1440	20	8	55	53

Z liczb podanych w tab. IV wynika, że przypuszczenie powyższe było słuszne, im większe jest natężenie pracy tym bardziej wzrasta „zdolność hamowania".

OMÓWIENIE WYNIKÓW.

Zasadniczą różnicą pomiędzy wynikami niniejszych doświadczeń i badaniami *Donaggio'a* i innych jest stwierdzenie występowania „zjawiska hamowania" również i w moczu osób zdrowych, znajdujących się w stanie spoczynku mięśniowego. Przyczyny tego, należałoby prawdopodobnie doszukiwać się bądź w innym niż przez autora metody określaniu cyfrowym wyniku reakcji, bądź też w stanie fizjologicznym badanych przez nas osób. Należy jednak zaznaczyć, że aczkolwiek odczynu *Donaggio'a* określić precyzyjnie sposobem podanym przez autora nie można, to jednak trudno przypuszczać, by błąd metody zależnie od osoby badającej mógłby być tak duży, zwłaszcza, że w badaniach

niniejszych te same analizy wykonywane przez różne osoby nie wykazywały znaczniejszych odchyleń.

Próby opracowania metody *Donaggio'a* w kierunku zmniejszenia jej błędu oznaczania nie dały pożądanych wyników. Możliwe, że zastosowanie zamiast kolorymetru kompensacyjnego — fotometru, pozwalającego na liczbowe określenie intensywności zabarwienia, dałoby lepsze rezultaty. Jednakże wątpliwym się wydaje, by reakcja *Donaggio'a* znacznie na tym zyskała. Bardziej skomplikowany sposób wykonania utrudniałby bowiem nadmiernie stosowanie tej metody, obliczonej głównie dla celów praktycznych.

Otrzymany w niniejszych doświadczeniach dodatni odczyn *Donaggio'a* w stanie spoczynku skłania do przypuszczenia, że zjawisko hamowania jest reakcją bardzo czułą, występującą pod wpływem wielu innych jeszcze czynników, poza wymienionymi przez *Donaggio'a*. Możliwe, iż osobnicy badani przez nas, będący poza małymi wyjątkami słuchaczami A.W.F.J.P. i uprawiający dość intensywny trening fizyczny znajdowali się w stanie niewyrównanych następstw poprzednio wykonywanej pracy, które już wywoływały dodatni odczyn *Donaggio'a*. Przypuszczenie to wydaje się tym prawdopodobniejsze, że niższe wartości odczynu hamowania występowały u osób nie uprawiających sportów. (Tab. I, E. W., B. P., W. L.).

Pod wpływem pracy fizycznej stwierdzono w niniejszych badaniach podobnie jak i innych autorów, wzrost „zdoiności hamowania".

Ocena ogólnego stanu fizjologicznego badanego osobnika na podstawie zmian zachodzących w moczu, odnoszącym się do krótkiego okresu czasu, jak wiadomo z całego szeregu badań, napotyka na znaczne trudności i jest mniej pewna, aniżeli na zasadzie zmian fizjologicznych występujących we krwi, układzie krążenia, bądź też oddychania. Skład bowiem moczu zależy w znacznym stopniu i od rytmu dziennego, który może maskować zmiany zachodzące w danym stanie fizjologicznym ustroju. Nasuwało się przypuszczenie, że silniejszy odczyn *Donaggio'a* po pracy, związany jest z zagęszczeniem moczu na skutek zwiększonej podczas wysiłku perspiracji, jednakże oznaczenia ciężaru właściwego moczu zależności tej nie wykazały.

Ostatecznym wynikiem niniejszych doświadczeń jest stwierdzenie, że „zjawisko hamowania" może występować u ludzi

zdrowych również i w stanie spoczynku, po pracy zaś ulega wyraźnemu nasileniu. Dlatego też należy każdorazowo oznaczać odczyn *Donaggio'a* i przed wysiłkiem, ponieważ nie wartość bezwzględna, lecz wzrost zdolności hamowania może być przydatny dla oceny stopnia zmęczenia.

Możliwe, że dalsze badania wyjaśnią przyczynę dużych wahań indywidualnych odczynu *Donaggio'a* w stanie spoczynku i ułatwią określanie przy pomocy wymienionego „testu znużeniowego" wydolność danego osobnika do pracy.

WNIOSKI.

1. „Zjawisko hamowania", wykazujące duże różnice indywidualne, stwierdzono w moczu osób zdrowych, znajdujących się w stanie spoczynku mięśniowego.

2. Po pracy lekkiej (360 kgm/min) „zdolność hamowania" nie ulega zwiększeniu, po pracy intensywnej występuje natomiast wyraźny wzrost intensywności odczynu *Donaggio'a*. Wielkość wzrostu zależna jest od własności indywidualnych osobników badanych.

3. Pod wpływem zwiększenia natężenia pracy wykonywanej przez tego samego osobnika „zjawisko hamowania" występuje intensywniej.

4. Przed oznaczeniami, mającymi na celu stwierdzenie stopnia zmęczenia pod wpływem wysiłku fizycznego, należy określić odczyn *Donaggio'a* w stanie spoczynku. Nie wartość bezwzględna, lecz wzrost zdolności hamowania może do pewnego stopnia służyć jako test na zmęczenie.

5. Przeprowadzone próby z dodaniem małych ilości białka przemawiają przeciw przypuszczeniu, że odczyn *Donaggio'a* wywołany jest albuminurią.

PIŚMIENNICTWO.

Barbera L.: Sulla reazione biochemico dell Donaggio e di un rapporto tra positivita della reazione e disfunzione epatica. Clin. med. ital. Nr. 65, 1934, cyt. wg Berichte über die ges. Physiologie, *84*, 1935.

Buscaino V. M. e *Longo V.:* Relazione con la tionina-molibdato ammonico nelle orine e „fenomeno d'ostacolo". Boll. Soc. med. Chir. Catania, *(64)*, 1934.

Barbera L.: Sul fenomeno di ostacolo del Donaggio. Atti del Congr. intern. di Medicina dello sport, 1933.

Donaggio A.: Ulteriori dati sulla determinazione dell'esistenza e del comportamento di un „fenomeno d'ostacolo' da parte dell'orina e' del liquido cephalo-rachidiano umani in condizioni diverse. Revista di Neurol., 1933.

Donaggio A.: Ein Test der Ermüdung; Methode und Resultate. II intern. Sportärzte-Kongress, Berlin, 1936.

Donaggio A.: Modalita rapida nell'applicazione della mia reazione al saggio della fatica. Atti del II Convegno di Medicina Aeronautica, 1937.

Donaggio A.: Il saggio della Fatica. Athena. *VI*, 1937.

Cortesi T. e Fattovich.: Ricerche sul „fenomeno d'ostacolo" di Donaggio. Riv. Neur. 6, 1933, cyt. wg Berichte über die gesamte Physiologie, *79*, 1934.

Simonelli G.: Su alcune propietà delle ostenza che determinano la reazione del Donaggio (fenomeno dell'ostacolo) nell'urina. Boll. Soc. ital. Biol. sper. *9*, 1934.

Tonini L.: „Il fenomeno d'ostacolo" del Donaggio nelle urine, nell'allenamento praetletico. Boll. soc. ital. Biol. Sper. *9*, cyt. wg Berichte über die gesamte Physiologie *86*, 1935.

(Zakład Fizjologii Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego.
Kierownik Doc. Dr Włodzimierz Missiuro).

Eligiusz Preisler.

ĆWICZENIE ODDECHU W SPORCIE

(w świetle badań fizjologicznych nad wioślarzami i pływakami).

Training of breathing in athletics, on the basis of physiological observation of rowers and swimmers.

Wpłynęło 16.V.1939.

Training of breathing in certain sports depends on the accustoming of the persons taking part in them to accurate synchronization of the beginning of inspiration and expiration with exactly defined elements of the mechanics of the movements involved in the given sport (rowing, swimming, etc.). The teaching of untrained persons how to regulate their breathing is on a purely empirical basis. An analysis of this problem, based on physiological experiments on rowers and swimmers, showed that such an empirical procedure is inadmissible. Correlation of respiration with physical effort depends entirely on the functional fitness of the organism, and on the autoregulation of the respiratory rhythm, which is adapted to the mechanical conditions of the given work. Artificial synchronization interferes with the normal process of adaptation of respiration to the actual requirements during performance of the given work. The development of the correlation between respiratory rhythm and the given work is facilitated by the slowness of the movements during the initial stages of training. Training of respiration, involving increase in the efficiency of the mu-

scular elements of the act of breathing, is essentially a part of physical training in general, and raises the efficiency of all physiological functions, in particular, of those of respiration and circulation. Special exercises (so-called breathing exercises) are required in order to raise the efficiency of the static function of the respiratory muscles, and in order to achieve automatization of deep breathing in untrained individuals, by deeper breathing during or after more strenuous physical exertions.

W szkoleniu techniki niektórych sportów, zwłaszcza zawodniczych ćwiczy się niekiedy oddech, jako specjalny szczegół. Najogólniejszą cechą tego nauczania jest przyzwyczajanie ćwiczącego do dokładnego kojarzenia początku wdechu i wydechu z ściśle oznaczonymi elementami mechaniki ruchów danego ćwiczenia (np. u wioślarzy: zapoczątkowanie wdechu w końcowym momencie „wyłożenia" do przodu a wydechu po zakończeniu „pociągnięcia", w tzw. typie A_1 *) — w crawlu: skojarzenie wdechu z momentem maksymalnego wynurzenia kończyny górnej z wody itp.). Na jakie momenty ma przypaść wdech czy wydech, o tym decyduje trener, specjalista danej gałęzi sportu (niejednokrotnie mistrz olimpijski), który uczy własnego sposobu oddychania, tego, który mu zapewnił mistrzostwo. Takie czysto empiryczne podejście do zagadnienia doprowadziło siłą rzeczy do dużej różnorodności w zastosowaniach praktycznych. Podjęte przez różnych autorów nad przeszło 200-tu wioślarzami badania rytmu oddechowego podczas wiosłowania stwierdziły podobną różnorodność wykazując, że forma oddechu wiosłujących nie jest j e d n o l i t a, że różnice dotyczą nawet grup o tym samym poziomie technicznym (np. dobrze wytrenowanych) i zaznaczają się szczególnie przy zmianie tempa pracy. U wioślarzy znaleziono cały szereg tzw. typów techniki oddychania. Taki rezultat badań eksperymentalnych, który zdaje się być następstwem znacznej roli czynników indywidualnych w adaptacji oddechu do pracy, utrudnia znacznie wybór którejkolwiek ze spotykanych postaci dla celów praktycznych. Nie

---

*) W ujęciu klasyfikacji sposobu oddychania u wioślarzy przez *Rahna* i *Kleinknechta*.

zmienia tej sytuacji fakt, że wśród znalezionych form oddychania jedne przeważały u wytrenowanych, inne u niewytrenowanych, gdyż sprawa ta przedstawiała się u różnych autorów różnie. Spostrzeżenie takie posłużyło nawet grupie badaczy niemieckich (*Rahn, Kleinknecht, Altrock*) za podstawę do wysunięcia tezy, że w nauce wiosłowania należy wioślarzom przyswajać typ techniki oddechu, spotykany u wytrenowanych, jako najdoskonalszy technicznie. Tego rodzaju stanowisko przyjęte jaskrawo w nauce wiosłowania i pływania, spotyka się czasem także w odniesieniu do szeregu innych sportów (biegi, kolarstwo, turystyka itp.).

Bliższa analiza zagadnienia ćwiczeń mechaniki oddechu o charakterze stosowanym na podstawie eksperymentów nad wioślarzami (zarówno w zakresie zależności między rytmem klatki piersiowej i pracy, jak i w zakresie wymiany gazowej) wykazuje, że pogląd o racjonalności narzucania niewytrenowanym sposobu oddychania wytrenowanych (pokrywający się zresztą ze stanowiskiem trenerów), jest niesłuszny. Podstawa takiego stanu rzeczy tkwi w tym, że zgoła inna jest wydolność funkcyj fizjologicznych ustroju zaprawionego, a inna — niezaprawionego. Zjawisko to występuje jasno przy wejrzeniu w szczegóły procesu dostosowania się oddechu do pracy. Jak wykazują badania (*Niemierko* i *Preisler*, oraz *Grochmal* i współpracownicy) w adaptacji mechanizmu rytmiki klatki piersiowej do rytmu pracy zwiększa się głębokość oddechu kosztem ograniczenia jego częstości (Tab. I).

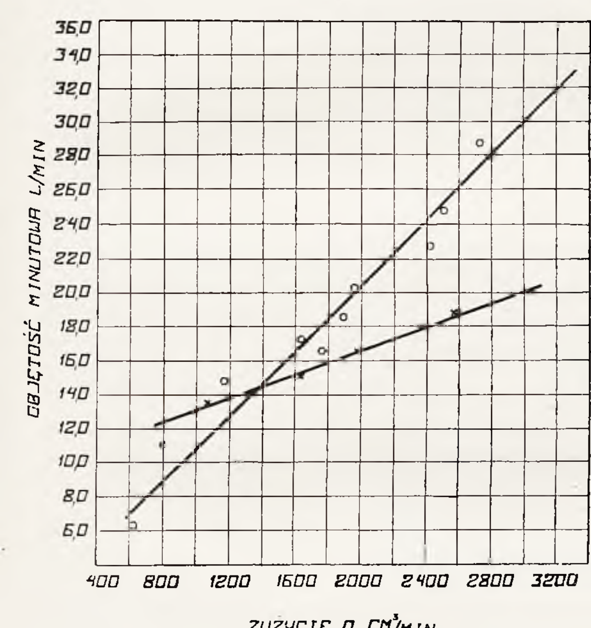
TAB. I.

Wentylacja płuc, głębokość oddechu i rytm oddechowy podczas wiosłowania.

Nr. dośw.	Osobnik		Spocz.	Praca 2′	3′	4′	5′	6′	7′
1	Z. S.	Wentylacja l/min.	10.18	40.92	50.03	50.93	53.03	45.59	44.56
		Liczba oddech.	14	32	35	36	33	33	33
		Głębokość oddech. cm³	721	1279	1429	1415	1607	1382	1350
2	P. S.	Wentylacja l/min.	8.65	—	45.10	39.90	41.64	40.98	—
		Liczba oddech.	11	—	19	18	20	19	—
		Głębokość oddech. cm³	786	—	2374	2217	2082	2157	—
3	Z. S.	Wentylacja l/min.	9.52	47.31	57.39	67.59	65.95	—	66.30
		Liczba oddech.	15	39	41	40	41	—	40
		Głębokość oddech. cm³	635	1214	1399	1689	1609	—	1658

Grochmal S., Niemierko S. i *Pawlak B.* Przegl. Fizjol. Ruchu. 1938.

Doskonałość przebiegu adaptacji oddechu do pracy u wytrenowanych, związanego w głównej mierze ze zdolnością rozszerzania klatki piersiowej, uwarunkowana jest w znacznym stopniu siłą mięśni oddechowych, zwłaszcza pomocniczych. Obok nich jednak posiada nie mniejsze znaczenie: duża pojemność życiowa płuc, szczególnie wysoka u dobrze zaprawionych wioślarzy i pływaków *(Reicher, Worringen)*, wysoka efektywność wentylacji (wykorzystanie O_2 cm^3 na 1 litr wentylacji) i niski koszt



Rys. 1. Wpływ treningu na objętość minutową serca. Kółka — oznaczenia na początku okresu treningowego. Krzyżyki — przy końcu treningu. *Lindhard* (wg *Missiuro*).

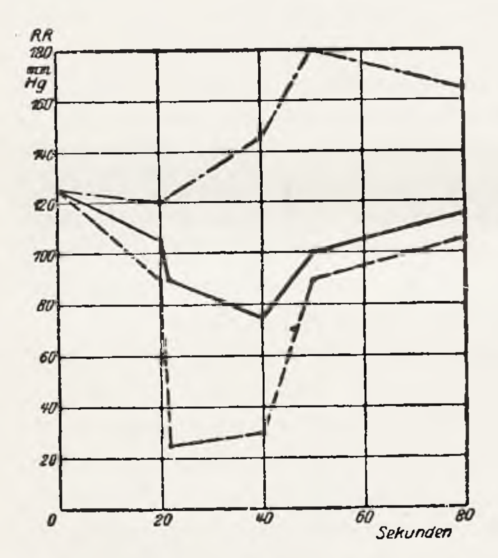
TAB. II.

Zestawienie porównawcze przemiany oddechowej spoczynkowej grup męskich (w zależności od treningu).

Osobnicy badań	Liczba badanych	Zużycie tlenu cm^3/min	Wydatek energetyczny Kal/godz. i m^2
I gr. — początek treningu	24	261 ± 6.84 $\sigma = 33.51 \pm 4.84$	42.0 ± 0.92 $\sigma = 4.49 \pm 0.65$
II gr. — koniec treningu	20	236 ± 9.87 $\sigma = 44.11 \pm 6.98$	37.5 ± 1.40 $\sigma = 6.25 \pm 0.99$
Grupa olimpijska	13	196 ± 12.44 $\sigma = 44.84 \pm 8.79$	30.9 ± 1.83 $\sigma = 6.60 \pm 1.29$

Missiuro W. Przegl. Fizjol. Ruchu. 5. (163). 1933.

energetyczny pracy (*Missiuro*, Tab. II). Wiąże się z tym, powstające po systematycznym treningu, rozszerzenie zakresu adaptacji innych układów fizjologicznych z aparatem krążenia na czele. Wzrost ekonomiki pracy serca, znajdujący swój wyraz w zmniejszeniu się pojemności minutowej w czasie pracy (*Lindhard, Kaup* i *Grosse*) oraz złagodzenie zmian krążenia, występujących w warunkach nagłego wzrostu ciśnienia śródpiersiowego zasługuje wobec ścisłych wzajemnych zależności funkcji płuc i serca na specjalną uwagę (Rys. 1 i 2).



Rys. 2. Typowy przebieg próby wzmożonego parcia (ciśnienie krwi przy wzmożonym parciu śródpiersiowym) u wytrenowanych (—·—·—·—), u niewytrenowanych (————), u asteników (- - - - - - - -). *Bürger* (wg *Herxheimera*).

Zespół zmian potreningowych, zwiększających znacznie ekonomikę czynności wentylacyjnej płuc i pracy serca prowadzi przez to do tym łatwiejszego dostosowania się mechaniki klatki piersiowej do warunków mechaniki pracy, drogą zmniejszenia częstości a nasilenia głębokości oddechów. Obraz uzupełnia doskonale skoordynowana u wytrenowanego forma ruchu, która stwarza jednolite warunki mechaniczne dla rytmu klatki piersiowej. Ukształtowanie się bowiem tej lub innej f o r m y uzgodnienia oddechu z pracą przywiązane jest szczególnie do tych odmian ćwiczeń, które łączą się z wysiłkiem, wymagającym unieruchomienia klatki piersiowej, z pozycjami skulno-kucznymi tułowia i znacznymi zmianami napięcia mięśni pasa brzusznego. Te momenty pracy zakłócają bowiem normalną rytmikę klatki piersiowej, a w każdym razie uzależniają

jej akcję od poszczególnych faz ruchu. Ilustracją przejawu tych zależności jest zachowanie się objętości oddechowej w czasie pracy i bezpośrednio po niej u pływaków (Tab. III). Jak

TAB. III.

Objętość oddechowa w czasie pływania i wypoczynku.

Seria badań	Styl	Liczba oddechów na min.				Głębokość oddechów cm²			
		Spocz.	Praca	Wypocz.		Spocz.	Praca	Wypocz.	
				1′	3′			1′	3′
I (40 m/min)	klas.	15	29	23	17	492	1684	2059	1380
	crawl	15	34	24	22		1850	2293	1529
II (52-65 m/min)	klas.	15	38	21	16	492	1790	2444	2019
	crawl	15	43	25	17		1640	2521	1914

Schmelkes B. Przegl. Fizjol. Ruchu. 7. (201). 1937.

się okazuje, głębokość oddechu nie wzrasta w czasie pływania do swej optymalnej wielkości, mimo znacznych potrzeb wentylacyjnych, zachodzi to jednak natychmiast po ćwiczeniu — w okresie wypoczynku. Ograniczenie amplitudy oddechów, spowodowane motoryką pracy, maleje w miarę treningu; w zespole doskonalących się mechanizmów koordynacyjnych ustala się też rytmika klatki piersiowej, przyjmując nieraz postać typową dla danego rodzaju pracy. Wystarczy tu wskazać na pracę brukarzy ulicznych, których każde uderzenie młotem zakończone jest charakterystycznym szmerem wydechowym. Podobną postać posiada oddech drwala czy kowala. W każdym rodzaju pracy czy sportu, mechanika ruchu wywiera swój decydujący wpływ na uzgodnienie oddechu z pracą.

Analizując więc wydolność funkcjonalną osobnika niezaprawionego, trzeba stwierdzić, że narzucanie mu takiej formy uzgodnienia oddechu z pracą, jaka cechuje osobnika wytrenowanego jest fizjologicznie niewłaściwe. Ustrój niezaprawiony nie może bowiem uruchomić wspomnianego już na innym miejscu mechanizmu adaptacji, polegającego na znacznym pogłębieniu oddechu, a ograniczeniu jego częstości. Z jednej bowiem strony niewyćwiczone mięśnie oddechowe i mała pojemność życiowa płuc są przyczyną stosunkowo płytkiego oddechu, z drugiej — znaczne zapotrzebowanie tlenu podczas pracy, przy małym wykorzystaniu go z powietrza wdechowego wzmaga potrze-

by wentylacyjne, przyśpieszając siłą rzeczy częstotliwość tych płytkich oddechów. Tego rodzaju właściwości oddechu podczas pracy, różniące niezaprawionych osobników od zaprawionych wykazały badania, przeprowadzone nad wymianą gazową u pływaków *(Schmelkes)*. Okazało się, że pogłębienie oddechu u wytrenowanych przekracza podczas pływania trzykrotnie głębokość oddechu spoczynkowego, gdy u niewytrenowanych odnośne wartości wzrastają zaledwie dwukrotnie.

Biorąc pod uwagę potrzeby znacznego zwiększenia wentylacji płuc podczas pracy (która dochodzi np. u pływaków do 11-krotnej wartości spoczynkowej), trzeba stwierdzić, że ograniczenie częstości oddechów (przy nauczaniu jakiejś postaci uzgodnienia oddechu z pracą) bez odpowiedniego skompensowania ich głębokości, musi doprowadzić albo do stanu niewystarczalności wentylacyjnej i zaprzestania pracy w warunkach duszności, albo też do wyłamania się z ram, narzuconego warunkami pracy rytmu oddechowego. Dalszym czynnikiem, wykluczającym możliwość oddychania w czasie pracy według ściśle określonego rytmu — jest zmienna u nowicjusza mechanika pracy. Nieustalona koordynacja ruchowa, niejednolite tempo pracy, przewaga momentów statycznych i siłowych (łączących się ze stanami unieruchomienia klatki piersiowej) nad koordynacyjnymi, powoduje, że np. wioślarz początkujący reaguje na każde zachwianie łodzi, na każdą falę, na każde złe zanurzenie wiosła zmianą sposobu pracy. W tych warunkach mechanika klatki piersiowej, ściśle uzależniona w czasie pracy od warunków mechanicznych wysiłku podlega tym samym zmianom, co i forma pracy. Te momenty mechaniczne sprawiają, że nawet dobra kondycja fizyczna (a więc możliwość funkcjonalna skompensowania zmniejszonego rytmu głębokością oddechu) uniemożliwia adeptowi jakiegoś nowego sportu przyswojenie sobie narzuconej formy uzgodnienia oddechu z ćwiczeniem. W początkach bowiem treningu, podczas opanowywania nowej, złożonej czynności ruchowej, absorbującej w dużym stopniu uwagę ćwiczącego, dodanie nowego szczegółu techniki w postaci związania m o m e n t u wdechu czy wydechu z ściśle określonym elementem ćwiczenia będzie nowym utrudnieniem, które bardziej jeszcze zakłóci wydolność pracy. Po opanowaniu techniki pracy ćwiczenie oddechu jest niepo-

trzebne, gdyż, jak to niżej przedstawimy — ustrój czyni to automatycznie.

U osobnika zaawansowanego w treningu ukształtowanie się należytej koordynacji nerwowo-mięśniowej tym bardziej wyklucza możliwość narzucenia dowolnej postaci oddechu na tej tylko zasadzie, że jest ona właściwością jakiegoś wybitnego mistrza. Niewiadomo bowiem czy zalecany sposób oddychania odpowiada warunkom mechaniki pracy naszego osobnika, czy np. moment określonego elementu ruchowego, przeznaczony dla wykonania wdechu nie będzie raczej korzystniejszy dla wydechu, czy więc dokładności pracy nie zakłóci. Tak więc przyzwyczajanie np. zaawansowanej osady wioślarskiej do jakiegoś nowego sposobu oddychania przy zmianie trenera, pogarsza niejednokrotnie jej sprawność. Ustalone bowiem poprzednim treningiem warunki mechaniczne pracy (następstwa koordynacyjne, udział kończyn górnych w pracy itp.) stwarzają możliwości dla ściśle w czasie określonych ruchów klatki piersiowej. Wszelka więc modyfikacja tych ruchów oddechowych, bez uwzględnienia koordynacyj zespołów ruchowych musi nieuchronnie prowadzić do pogorszenia wydajności pracy. To samo można powiedzieć o biegaczu, którego ruchy wahadłowe kończyn górnych (ich obszerność, napięcie mięśni) i długość kroku są w pewnych granicach indywidualne i modyfikują odpowiednio ruchy klatki piersiowej.

Skomplikowane zależności, wiążące postać dostosowania oddechu do pracy ze stanem wydolności poszczególnych układów fizjologicznych ustroju i warunkami mechaniki wysiłku skupiają w sobie dużo czynników natury indywidualnej. Ten stan rzeczy tłumaczy też różnorodność wyników badań nad wioślarzami, w których sposobie uzgodnienia oddechu z pracą, stwierdzono cały szereg odmian. Wszystkie postacie tych odmian były wynikiem adaptacji automatycznej. Starzy wioślarze, nigdy nie ćwiczeni w oddychaniu, wykazali podczas wiosłowania bardzo regularny i stały typ oddechu, którego sobie niejednokrotnie nawet nie uświadamiali *(Altrock, Rahn, Knoll* i *Schreiber, Preisler)*. Uzgodnienie rytmiki oddechu i pracy nastąpiło więc samorzutnie w następstwie kilkuletniej zaprawy. Nawet u początkujących dostosowuje się rytm oddechu do pracy, zwłaszcza powolnej. Postać tego uzgodnienia jest w swych początkach zmienna *(Preisler)*, odzwierciadlając stan

nieustalonych jeszcze automatyzmów ruchowych, oraz nabiera bardziej zdecydowanej formy równolegle do doskonalenia się techniki pracy. Automatyczną postać dostosowania oddechu do pracy stwierdzono między innymi, również u piłujących drzewo robotników, którzy bezwiednie oddychają w rytmie ruchów piły *(Efimoff* i *Arschawski)*. Uważne obserwacje, prowadzone na ludziach pracy, rozszerzają przytoczone spostrzeżenia naukowe.

Automatyczna regulacja, normująca rytmikę oddechu w zależności od funkcyj ruchowych stanowi więc jeden z elementów składowych całego zespołu procesów pracy. Wystąpienie jej zwłaszcza u początkujących, łączy się jednakże ściśle z tempem pracy. Uzgodnienie rytmu klatki piersiowej z pracą u wioślarzy występuje blisko w 100% przypadków podczas

TAB. IV.

Dostosowanie rytmu oddechowego do rytmu wiosłowania w czasie powolnego i szybkiego wiosłowania.

Tempo wiosłowania	Ogólna ilość zbadanych	Dostosowanie		Niedostosowanie	
		Liczby bezwzgl.	Proc.	Liczby bezwzgl.	Proc.
Powolne (turyst.) 12—15 uderz./min.	50	49	98 ± 0	1	2 ± 0
Szybkie 22—28 uderz./min.	48	37	79 ± 2	11	21 ± 1

Preisler E. Przegl. Fizjol. Ruchu. 7. (230). 1935/36.

wiosłowania powolnego (Tabl. IV). Tempo szybkie zakłóca omawianą zależność, która w swej właściwej postaci zachowuje się jedynie u dobrze zaprawionych wioślarzy. Kwestia więc powolnego (ale nie zwolnionego) tempa pracy, mająca ważne znaczenie w metodyce zaprawy posiada nie mniejsze znaczenie dla procesu uzgodnienia rytmiki oddechowej z pracą. Wytłumaczenie tego faktu zdaje się kryć w tym, że niezbyt intensywny wysiłek, wykonany w powolnym tempie, eliminuje w dużej mierze pierwiastki siłowe (przeważają momenty koordynacyjne), ograniczając w ten sposób możliwość powstawania stanów unieruchomienia klatki piersiowej. Brak zaś znaczniejszego stopnia zakwaszenia krwi i nadmiernie wzmożonej wentylacji, pozwala na dalej posunięty współudział wpływów, wynikających ze swoistych potrzeb mechaniki ruchów pracy. Szczególnego znaczenia nabierają wspomniane wpływy motoryki na rytmikę

oddychania podczas pracy, wykonywanej w stanie tzw. równowagi funkcjonalnej (steady state).

W świetle tych faktów sztuczne uzgadnianie rytmiki oddechowej z pracą, przez przyswajanie w okresie treningu standartowych (podpatrzonych u mistrzów) form oddechu osobników wytrenowanych, tylko zakłóca naturalny bieg autoregulacji. Zamiast tego należałoby stwarzać korzystne warunki dla udoskonalenia czynności wentylacyjnej płuc przez podniesienie na drodze treningu całości funkcjonalnej wydolności ustroju i przyswajania należytej koordynacji ruchu.

Błędnym jednakże byłby wniosek, negujący na zasadzie powyższego wartość i potrzebę ćwiczenia oddechu. Doświadczenie uczy bowiem, że świadoma regulacja oddechu podczas wysiłku wpływa korzystnie na jego przebieg. Wracając do podkreślonego już wyżej znaczenia dobrej kondycji fizycznej dla procesu dostosowania oddechu do pracy, trzeba zaznaczyć, że wpływ ten wiąże się w znacznej mierze z powiększeniem ruchomości stawów klatki piersiowej oraz usprawnieniem mięśni oddechowych, zwłaszcza pomocniczych. Ich siła decyduje bowiem o amplitudzie ruchów klatki piersiowej, a więc o głębokości oddechu, która podnosi nie tylko skuteczność wymiany gazowej, lecz i pracy serca. Wielostronny udział mięśni w mechanizmie oddechu (mięśnie klatki piersiowej, przepona, mięśnie brzucha) dyktuje potrzebę wielostronnego ćwiczenia, które spełni najlepiej, usprawniający równolegle pracę serca i innych układów funkcjonalnych, szeroko pojęty trening ogólny. W takiej wszechstronności zaprawy kryje się podstawa i istota ćwiczenia oddechu.

Rola specjalnych ćwiczeń oddechowych zdaje się ograniczać do tych, które uczą regulować t e m p o wydechu (utrzymywać dłużej ustawienie wdechowe klatki piersiowej i usprawniać powolne przejście do ustawienia wydechowego). Ćwiczeniu podlega więc funkcja mięśni klatki piersiowej, przepony i mięśni brzucha o charakterze pracy statycznej (Statische Atemarbeit *Duriga*), umożliwiająca wykonanie powolnego wydechu przy otwartej głośni (np. u śpiewaka-artysty, przy crawlu: powolny wydech w wodzie). Ćwiczenia tego rodzaju znane są zresztą

w zasobie materiału ćwiczeń cielesnych[1]). Główne znaczenie opanowania pracy statycznej mięśni oddechowych i pomocniczych polega na tym, że eliminuje przez to regulujący udział głośni w powolnym wydechu, która w przeciwnym wypadku powoduje przez zwężenie szpary głośniowej — przy silnym napięciu mięśni wydechowych i wydechowym ciążeniu elastycznej klatki piersiowej — możliwość powstawania stanów wzmożonego ciśnienia śródpiersiowego, szkodliwego dla pracy serca i pęcherzyków płucnych (sprzyja powstaniu rozedmy). Przykładem potrzeby takiego opanowania funkcji mięśni oddechowych może być obok przytoczonych, wydech muzyka, grającego na instrumencie dętym, hutnika wydmuchującego szkło. U pływaka odgrywa opanowanie stopniowego wydechu w wodzie specjalną rolę ze względu na działanie ciśnienia wody na klatkę piersiową, które zwiększa odruchowo napięcie mięśni wdechowych (antagonistów) i utrudnia wykonanie wydechu. (Usprawnienie mięśni wdechowych do wykonania krótkiego wysiłku dynamicznego — krótki głęboki wdech przy crawlu — może mieć również wartość praktyczną). Połączenie wdechu z odpowiednim ruchem kończyn górnych jest zjawiskiem, które włącza się w cykl ruchowy po opanowaniu techniki pływania. To też w nauce pływania, problem ćwiczenia oddechu znajduje coraz właściwsze ujęcie. Szereg bystro obserwujących instruktorów nie ćwiczy koordynowania oddechu, zostawiając go własnej ewolucji. Całą natomiast uwagę skupia przy tym na doskonaleniu koordynacji ruchu z należytym uwzględnieniem skrętów (ewt. skłonów) głowy w całości zespołu ruchowego. Duże znaczenie siły mięśni oddechowych przy crawlu wypływa ze specyficznego działania tłoczni brzusznej w czasie pływania tym stylem. Naprzemienne ruchy kończyn dolnych wymagają stałego ustalenia obręczy biodrowej, a więc natężonej pracy statycznej mięśni brzucha i grzbietu (lędźwi). Już ten fakt świadczy wybitnie o słabym w mechanice oddechu udziale tłoczni brzusznej, której działanie ogranicza się z natury rzeczy do niewielkich i utrudnionych ruchów przepony, przenosząc w znacznej mierze ciężar uruchomienia klatki piersiowej na mięśnie

---

[1]) Np. ćwiczący staje w swobodnej pozycji stojącej (ewent. w rozkroku), skłania głowę w tył, wykonuje po głębokim wdechu powolny wydech (imitując lekkie dmuchanie, zmierzające do jak najdłuższego utrzymania listka, piórka itd. w powietrzu ponad głową).

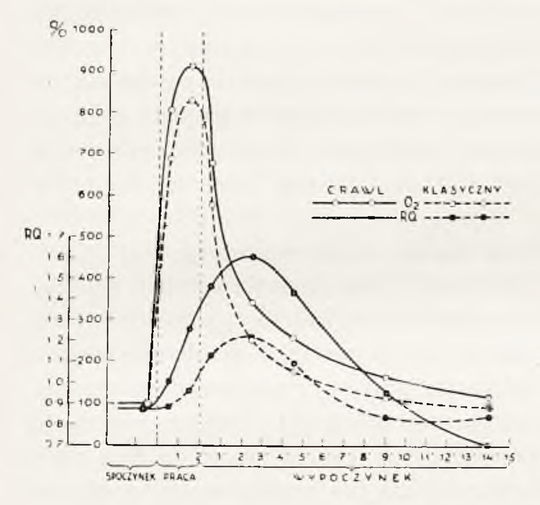
oddechowe. Te szczegóły mechaniki pływania tłumaczą szerzej, podkreśloną już wyżej trudność w wykonaniu wydechu, subiektywnie odczuwaną przez pływaków.

Nie wkraczając w autoregulacyjny mechanizm, który koordynuje poszczególne fazy oddechu z odpowiednimi momentami pracy, pragniemy tu podkreślić korzystny wpływ świadomego podczas wysiłku pogłębiania wdechu i wydechu w ramach tej automatyzacji. Typ bowiem uzgodnienia daje się łatwo pochwycić obserwacją. Chodzi więc nie o zmianę formy uzgodnienia oddechu, którego początek w danym cyklu pracy, czas trwania i koniec pozostają niezmienione, regulowane odruchowo — lecz o utrzymanie należytej głębokości oddechu. Potrzebę tego rodzaju (u osobników niewytrenowanych) dyktuje sam mechanizm dostosowania się oddechu do pracy, polegający na ograniczeniu częstości oddechu, które nie zawsze wyrównane jest dostatecznym ich pogłębieniem. Nie wchodząc w analizę przyczyny tego stanu, który może być związany z niedostatecznym usprawnieniem mięśni oddechowych, lub też wynikać z nieustalonej koordynacji ruchowej, musimy zwrócić uwagę na subiektywne wrażenia sportowców, którzy podają, że świadome pogłębianie oddechu w czasie pracy intensywnej, zwrócenie uwagi na jego równomierność ułatwia pokonanie wysiłku. Dobre samopoczucie w czasie i po pracy jest wtedy znanym zjawiskiem. Zanim to subiektywne wrażenie sportowców poprzemy argumentami natury fizjologicznej, dodamy, że pozytywne ich znaczenie, podzielane między innymi przez *Duriga*, polega również na skierowywaniu uwagi na konieczność unikania wstrzymywań oddechu w czasie wysiłku. Inny stosunek zajmuje *Lindhard*, poruszając to zagadnienie przy okazji swojej krytyki ćwiczeń oddechowych. W uzasadnieniu swego negatywnego stanowiska wobec wszelkiego rodzaju bezpośrednich ćwiczeń oddechu kładzie główny nacisk na zaburzenia w równowadze kwasowo - zasadowej krwi, wywołane hyperwentylacją, która może być następstwem pogłębienia oddechów. Zasadniczym argumentem tezy *Lindhard'a* jest zachowanie się ilorazu oddechowego, który w kilka minut po pracy spada poniżej wartości spoczynkowej. Fakt ten przemawia według wspomnianego autora za tym, że w okresie wypoczynku ustrój zatrzymuje CO_2, co by świadczyło, że ów stan pewnego ograniczenia wentylacji jest więc jego potrzebą naturalną, któ-

ra wynika z konieczności wyrównania zaburzeń (wypłukanie znacznej ilości CO_2), wywoływanych nadmierną wentylacją podczas pracy. Przytaczając argument *Lindhard'a*, dotyczący niepotrzebnego zwiększania kosztu pracy mięśni oddechowych przez świadome pogłębianie oddechu (na zasadzie eksperymentów *Liljestrand'a)*, trzeba od razu zaznaczyć, że ten moment nie przemawia przeciwko ćwiczeniu oddechu. Stosowanie bowiem pogłębiania oddechu w ramach formy automatycznej, a więc dostosowanej na drodze naturalnej do warunków mechaniki pracy (jak to wyżej zaznaczono) redukuje znacznie wpływ oporów mechanicznych (unieruchomienia klatki piersiowej, napięcia mięśni ściany brzusznej), w których uczony duński skłania się dopatrywać zasadniczego źródła zwiększenia kosztu pracy mięśni oddechowych. Przyznaje przy tym sam, że trening ogólny zdaje się wpływać dodatnio na usprawnienie mięśni oddechowych, tym bardziej więc należałoby to przypisać ćwiczeniu bezpośredniemu. Zachodzi tu bowiem analogiczne zjawisko jak przy ćwiczeniu innych grup mięśniowych, które sprawia, że koszt energetyczny maleje pod jego wpływem u wytrenowanych *(Missiuro)*.

Podkreślane przez *Lindhard'a* zjawisko, wspomnianego wyżej zachowania się ilorazu oddechowego, łączące się ściśle ze zmianami równowagi kwasowo-zasadowej krwi nie ulega wątpliwości, ale nie jest regułą. Rodzaje pracy, łączące się ze stanami znacznie podwyższonego ponad normę spoczynkową ilorazu oddechowego w ciągu trwania wypoczynku zdają się nie być rzadkie. *Schmelkes* notuje u pływaków po 2-u minutowym pływaniu stylem klasycznym i crawlem z szybkością 40—65 m/min. ilorazy oddechowe, przekraczające w ciągu 6-ciu minut wypoczynku z reguły 1,0, i utrzymujące na tej wysokości niekiedy jeszcze w ciągu 10-tej minuty wypoczynku (Rys. 3). Równoczesne krzywe, określające zużycie O_2 w tym okresie przekraczają również znacznie wartości spoczynkowe. Jeżeli zważymy, że w naturalnych warunkach treningowych pływak nie ogranicza się do badanego przez wspomnianego autora dwu-minutowego pływania i badanej przez niego szybkości oraz, że przerwy między poszczególnymi ćwiczeniami pływaków nie zawsze dochodzą aż do 10 minut, wówczas zrozumiemy, że zmiany równowagi kwasowo - zasodowej krwi, uwidaczniane

w zachowaniu się RQ będą w tych warunkach znaczniejsze, a okres wyrównywania tych zmian (wypoczynku) — dłuższy.



Rys. 3. Zmiany RQ i zużycie O_2 podczas pływania crlawlem i stylem klasycznym. *Schmelkes.*

Biorąc jednak pod uwagę specyficzne warunki wysiłku pływaka przypatrzmy się innym rodzajom pracy. Badania nad wymianą gazową u wioślarzy *(Niemierko* i *Preisler)* przy wiosłowaniu w tempie turystycznym (12 do 15-u uderzeń wiosła na minutę — na dwójce, kajaku i krypie rybackiej) na przestrzeni 1000 m w czasie 8,5 do 12,6 min. wykazały, że RQ w okresie 8—10 minuty wypoczynku przewyższa znacznie wartości spoczynkowe u licznych wioślarzy badanych. Zjawisko to łączy się niekiedy z równoczesną nadwyżką zużycia O_2. Brak dłuższego badania tego okresu nie pozwalał stwierdzić, po jakim czasie nastąpił w tych przypadkach powrót do normy spoczynkowej. Zważywszy zaś, że czas pracy wioślarza w zwykłych warunkach treningowych przekracza znacznie czas wiosłowania przy badaniach oraz, że intensywność pracy np. osady trenującej do regat przewyższa niewspółmiernie badany wysiłek turystyczny możemy śmiało powtórzyć przypuszczenie, że wyrównywanie zmian, wywołanych ćwiczeniem będzie wymagało dłuższego czasu. Najciekawiej ilustrują podobny rodzaj zachowania się ilorazu oddechowego badania energetyczne pracy u dzieci *(Perlberg)*. Dziesięcio minutowa praca wykonywana przez chłopców w wieku od 12 do 14 lat wykazała, że w niektórych przypadkach już umiarkowane jej natężenie (180 kgm/min.) ujawniało

po 13-min. wypoczynku iloraz oddechowy przekraczający 1,0 i utrzymujący się jeszcze w 18 min. ponad normą spoczynkową. Przy wzroście natężenia do 540 kgm/min. wartość ilorazu oddechowego, przekraczająca 1,0 w 14 do 16 min. wypoczynku była prawie regułą i występowała przy jednoczesnym trwaniu nadwyżki zużycia O_2. Zjawiska te, zdają się wskazywać na to, że nawet niezbyt intensywne wysiłki (180 kgm/min.) mogą u dzieci łączyć się ze znacznie przedłużonym okresem restytucji wypoczynkowej, w którym RQ przewyższa wartości spoczynkowe.

Opierając się na szeregu badań z zakresu energetyki *(Christensen, Missiuro* i *Szulc, Efimoff* i *Arschawski* i inni) skłonni jesteśmy przypuszczać, że zjawiska szybkiego powrotu RQ do stanu spoczynkowego (i poniżej jego normy) w okresie wypoczynku towarzyszą wysokiemu stopniowi zaprawy sportowej. Potwierdzeniem tego są niższe wartości RQ u wytrenowanych. Szybka restytucja wypoczynkowa po pracy zdaje się być przy tym uwarunkowana w znacznej mierze występującą u dobrze zaprawionych hyperwentylacją podczas pracy *(Efimoff* i *Arschawski)*. Fakt ten — zdają się również potwierdzać doświadczenia *Simonsona,* który wzmagał wentylację płuc po pracy serią bardzo głębokich oddechów dowolnych (przez 3 minuty) i osiągał przez to znaczne skrócenie okresu wypoczynkowego.

Stany podwyższonego RQ po pracy, trwające przez dłuższy okres wypoczynku zdają się towarzyszyć tylko wyjątkowo intensywnym wysiłkom wytrenowanych, występować zaś nie rzadko po wysiłkach u niezaprawionych. Za ostatnim przypuszczeniem zdaje się przemawiać to, że praca niewytrenowanych łączy się z większym zakwaszeniem ustroju *(Bock* i współpr., *Dill, Missiuro* i *Edwards)* i, że usuwanie kwasu mlekowego po pracy przebiega u nich 2—3 razy dłużej niż u wytrenowanych *(Margaria, Edwards* i *Dill)*.

Licząc się z tym, że naturalne wysiłki sportowe przekraczają znacznie intensywność wyżej badanych rodzajów pracy oraz, że nasilenie procesów wypoczynkowych u osobników niewytrenowanych jest z tego powodu o wiele bardziej zaznaczone, możemy sądzić, że potrzeba skuteczniejszego przewietrzania płuc przez pogłębienie oddechów w czasie natężonej pracy jest u nich dostatecznie uzasadniona. W tym świetle można by obawy *Lindharda,* dotyczące zaburzeń w chemizmie

krwi na skutek obniżenia RQ po pracy odnieść jedynie do wysiłków, wykonywanych przez dobrze zaprawionych, lub też do pracy mało intensywnej osobników niezaprawionych. Dla mniej wytrenowanego, ćwiczącego intensywnie pogłębienie oddechu w ramach jego zautomatyzowanej formy w czasie pracy, względnie po niej będzie zabiegiem korzystnym.

Na tle przytoczonych faktów zasługuje na specjalną uwagę zjawisko dłuższego wypoczynku po pracy u dzieci, badanych przez *Perlberg*. Stawia bowiem w innym świetle zagadnienie ćwiczeń oddechowych. Podkreślając słuszność poglądu *Lindharda* o nieracjonalności stosowania omawianych ćwiczeń w spoczynku i ograniczeniu ich formy wykonania do krótkiej serii głębokich oddechów w swobodnej pozycji, nieustalającej klatki piersiowej, musimy stwierdzić, że zabieg ten u młodzieży szkolnej przynajmniej poczynając od okresu przedpokwitania (prepubertic) wydaje się być w czasie intensywniejszych wysiłków (np. gier) lub po nich całkowicie uzasadniony. Dane, którymi rozporządzamy dotąd, nie dają możności ustalenia ściślejszych norm tych zabiegów, które z natury rzeczy zależeć będą przede wszystkim od natężenia i czasu trwania pracy oraz szerokiego zakresu właściwości indywidualnych. Toteż potrzeba badań, określających natężenie procesów wypoczynkowych po naturalnych wysiłkach w terenie, zwłaszcza u młodzieży zdaje się być dla celów praktyki wychowania fizycznego nieodzowna.

Skuteczność świadomie stosowanej hiperwentylacji objawia się nie tylko swoim doraźnym wpływem na przebieg wysiłku, lecz i tym, że pogłębianie wdechu i wydechu ćwiczy mięśnie oddechowe, wzmagając siłę ich skurczu, potrzebną do pokonania zwiększonego oporu, wywołanego znaczniejszym rozszerzaniem i ścieśnianiem klatki piersiowej podczas pracy. Zmniejsza się też stan odruchowego napięcia antagonistów (podczas wdechu: mięśni wydechowych i odwrotnie), które mogą podczas wykonywania pracy oddziaływać hamująco na wielkość amplitudy wdechowo-wydechowej. Podobnie do innych czynności ruchowych ulegają i głębokie oddechy z czasem automatyzacji. Ten stan nastawienia mechaniki oddechu podnosi znacznie wydolność wentylacyjną płuc i ułatwia nadto pracę serca. Głęboki oddech zwiększa bowiem ilość powietrza wdechowego, zmniejszając zawartość powietrza zalegającego i zapasowego. Wzrasta ilość czynnych pęcherzyków płucnych, ich powierzchnia

i światło kapilarów. Powiększona w ten sposób powierzchnia dyfuzji gazów oddechowych zmniejsza (wskutek rozszerzenia przekroju włosowatych naczyń krwionośnych) opór w krążeniu płucnym, ułatwiając znacznie pracę serca prawego. Wspomaga ją też, wzmożony przez pogłębienie oddechu ssący wpływ klatki piersiowej i tłoczący tłoczni brzusznej, powodując skuteczniejsze wypełnianie się centralnych żył śródpiersiowych i przedsionka prawego. Przy wzroście objętości wyrzutowej serca podczas pracy fakty te nabierają wyraźnego znaczenia. Pogłębianie odedchu z uwagi na dostarczanie O_2 jest o tyle celowe, że powiększając powierzchnię oddechową płuc, ułatwia przez to wiązanie większej ilości tlenu we krwi na jednostkę czasu (w porównaniu z oddechem płytkim). Przy mniejszej wydolności układu krążenia u niewytrenowanych zjawisko to odgrywa szczególne znaczenie. Płytki oddech, łączący się z mniejszą powierzchnią dyfuzji gazów oddechowych wyrównuje to niekorzystne zjawisko dla wymiany gazowej wzmożoną częstością oddechów, dla pracy serca natomiast pozostaje w czasie wysiłku bezwzględnie niekorzystny.

Wspomnieć jeszcze trzeba o zjawisku wstrzymywania oddechu podczas pracy, które łączy się przede wszystkim z rodzajami wysiłków, angażujących siłowo kończyny górne, i powoduje wzmożenie ciśnienia śródpiersiowego. Nie wchodząc w szczegółowy rozbiór wpływów wstrzymania oddechu, podkreślamy wyłącznie stwarzane przez to, niesprzyjające warunki dla czynności serca i płuc. Powodując okresowo powtarzający się wzrost oporu w krążeniu płucnym (podczas pracy rytmicznej) może w następstwie doprowadzić do przerostu komory prawej. Wskutek uciskowego zaś działania na przedsionek prawy stwarza specjalnie niekorzystne warunki dla wieńcowego krążenia, prowadząc z jednej strony przy bardzo przyśpieszonym tętnie do niedożywienia mięśnia sercowego, z drugiej — do stanów zastoinowych w jego obrębie, które razem z niedostatecznym ukrwieniem mięśnia sercowego obniżają wydolność jego skurczów. Przy pracy, łączącej się z pozycjami kuczno-skulnymi (kolarstwo i kajakarstwo wyścigowe, wioślarstwo regatowe i in.) dołącza się do powyższych zmian uciskowe działanie wysoko ustawionej przepony na komorę prawą, które przeszkadza w jej wypełnianiu się. Z tych względów unikanie wstrzymywań oddechu i zwrócenie uwagi na ich równomierność podczas in-

tensywnych wysiłków i przy ćwiczeniu oddechu posiada zrozumiałe znaczenie. W świetle omówionych zmian wydaje się wskazane eliminować wysiłki maksymalne przy ćwiczeniu osobników niezaprawionych i młodzieży.

Streszczając powyższe stwierdzamy, że uzgodnienie oddechu z pracą zależne jest ściśle od wydolności funkcjonalnej ustroju (stanu zaprawy) oraz autoregulacji rytmiki oddechowej, dostosowywanej do warunków mechaniki danej pracy. Sztuczne uzgadnianie zakłóca normalny bieg adaptacji oddechu do istotnych potrzeb pracy.

Wytwarzaniu omawianego uzgodnienia rytmu oddychania i pracy sprzyja powolne w początkach treningu tempo czynności ruchowych.

Ćwiczenie mechaniki oddechu, związane z usprawnieniem aparatu ruchowego klatki piersiowej, stanowi w swej istocie składową część ogólnego treningu fizycznego, podnoszącego wydolność całokształtu funkcyj fizjologicznych, w tym czynności oddychania i krążenia przede wszystkim.

Specjalnego ćwiczenia (przy pomocy tzw. ćwiczeń oddechowych) wymaga usprawnienie funkcji s t a t y c z n e j mięśni oddechowych oraz a u t o m a t y z a c j a głębokich oddechów u niezaprawionych przez pogłębianie oddechów w czasie — lub po intensywniejszych wysiłkach fizycznych.

PIŚMIENNICTWO.

Altrock, H. u. *Rahn, H.:* Die Atmung des Ruderers. Leibesub. 4. 1932.

Bock, A., Vancaulaert, C., Dill, D., Fölling, A. a. *Hurxthal, L.:* Journ. of Physiol. *66.* (162). 1928, cyt. wg: *Missiuro W.* Fizjol. Pracy, W-wa 1938.

Christensen, H.: Arbeitsphys. 5. (463). 1932.

Dill, D. B., Missiuro, W. i *Edwards, H.:* Przegl. Fizjol. Ruchu. 1939.

Dautrebande, L.: Le Travail Humain *III.* (29). 1935.

Durig, A.: Über die physiologischen Grundlagen der Atemübungen, Wien 1931.

Efimoff, W. W. u. *Arschawski, J. A.:* Arbeitsphys. B. 2. (253). 1930.

Grochmal, S., Niemierko, S. i *Pawlak, B.:* Przegl. Fizjol. Ruchu. 8. (227). 1937/38.

Herxheimer, H.: Sportphysiologische Tabellen, Haag 1936.

Kagan, E. u. *Kaplan, P.:* Arbeitsphys. 2. (60). 1930.

Kaup, I. u. *Grosse, A.:* Münch. Med. Wschr. 32 (1353). 1927, cyt. wg *Missiuro W.* Fizjol. Pracy, W-wa 1938, str. 232.

Knoll, W. u. *Schreiber, C.:* Arbeitsphys. 7. (326). 1933.
Liljestrand, A. u. *Lindhard, J.:* Skand. Arch. Physiol. *39*. 1920.
Lindhard, J.: The Theory of Gymnastics, London 1934.
Lindhard, J.: Pflüg. Arch. *161* (233), 1915, cyt. wg Fizjol. Pracy, W-wa 1938, str. 233.
Magne, H.: Phys. du Travail, Inst. Lannelongue 1921, cyt. wg: *Missiuro W*, Fizjol. Pracy. W-wa 1938, str. 208.
Margaria, R., Edwards, H. a. *Dill, D.:* Amer. Journ. of Physiol. *106*. (689). 1933, cyt wg: *Missiuro W.* jak wyżej, str. 154.
Missiuro, W.: Przegl. Fizjol. Ruchu *5*. (163). 1933.
Missiuro, W.: Fizjologia Pracy, W-wa, 1938.
Missiuro, W. i *Szulc, G.:* Przegl. Sport.-Lek. *(40)*. 1930.
Niemierko, S. i *Preisler, E.:* Przegl. Fizjol. Ruchu 7. (261). 1935/36.
Piasecki, E.: Zarys Teorii Wych. Fiz., Lwów 1935.
Perlberg, A.: Przegl. Fizjol. Ruchu. *6*. (318). 1934.
Preisler, E.: Przegl. Fizjol. Ruchu. 7. (230). 1935/36.
Rahn, H. u. *Kleinknecht, F.:* Arbeitsphys. *3*. (397). 1930.
Reicher, E.: O działaniu ćwiczeń cielesnych na ustrój ludzi zdrowych i chorych. W-wa 1932.
Simonson, E.: Arbeitsphys. *1*. (87). 1929.
Schmelkes, B.: Przegl. Fizjol. Ruchu. 7. (201). 1937.

Aleksander Kelus.

NIEKTÓRE PRZEJAWY RUCHOWE KRĘGOWCÓW W ŚWIETLE BIOLOGII PORÓWNAWCZEJ.

Einige Bewegungserscheinungen der Wirbeltiere im Lichte der vergleichenden Biologie.

Wpłynęło 18.IV.1939.

Der vorliegende Beitrag bildet einen Versuch den, von *Poplewski (Poplewski.* Anat. Ssaków — Anatomie der Säugetiere Bd. I, II, III, polnisch, u. Świat Ssaków — Die Säugetierwelt — polnisch), in die vergleichend anatomische Literatur eingekörperten, neuen Begriff „Bewegungskomplex" vom Standpunkte der vergleichenden Biologie näher zu betrachten. *Poplewski* definiert diesen Begriff wie folgt: „Der Bewegungskomplex ist eine zusammengesetzte Bewegung, welche aus einer gewissen Zahl einfacher, miteinander verbundenen, Einzelbewegungen besteht, die bestimmten Lebenstrieben und Lebensaufgaben entsprechen" (op. cit. Bd. III S. 38). Der Begriff wird von diesem Forscher noch in folgender Weise formuliert: „Der Bewegungskomplex ist eine harmonische zusammengesetzte Bewegung, welche in einer bestimmten Zahl von Gelenke durch mehrere Muskeln ausgeführt wird, deren Kontraktion durch das Zentralnerwensystem entsprechend kontroliert und reguliert ist" (op. cit. S. 38). *Poplewski* unterscheidet noch angeborene und erworbene Bewegungskomplexe; die Mehrzahl der angeborenen Bewegungskomplexe soll für das Leben des Tieres unmittelbar zweckmässig sein. Die angeborenen Bewegungskomplexe brauchen nicht erlernt werden zu sein. Das auftreten von erworbenen Bewegungskomplexe ist ein Endergebniss einer langen Reihe von Einzelerfahrungen im Individualleben des Tieres. Nach *Poplewski* sind die Bewegungskomplexe für die verschie-

denen sytematischen Tiergruppen bezeichnend: „Wir können Mammologische-, Ordnungs-, Familien-, Gattungs-, Art-, Rassen-, und sogar Individuen-bewegungskomplexe unterscheiden".

Wir haben nun mit einem neuen, genau definierten Begriff in der Anatomie zu tun, der uns unmittelbar in medias res aller Probleme der Beziehung zwischen Funktion, Form und Umwelt hineinführt. Meiner Ansicht nach bedarf dieser Begriff in gewisser Hinsicht einer Modifikation.

Als Beispiel für angeborene Bewegungskomplexe führt *Poplewski* das Schwimmen eines neugeborenen Hündchens vor. Nach diesem Forscher soll ein junges Hündchen im Wasser sich genau wie ein erwachsenes Tier bewegen (op. cit. S. 38, 39). Gegen diese Auffassung ist folgendes zu erheben: Die Bewegungen eines jungen Hündchens im Wasser sind, was die Mechanik betrifft, im Vergleich mit den Bewegungen eines erwachsenen Hundes durchaus verschieden. Die Extremitäten eines jungen Hündchens führen seitliche Kriechsbewegungen aus (wie auf dem Festlande), die eines erwachsenen Tieres pendelnde Laufbewegungen. Um wirklich schwimmen zu können, muss das junge Hündchen erst die Schwimmbewegungen im Wasser erlernen.

Wenn wir das Schwimmen von Phoca vitulina und Eumetopias californianus vergleichen so müssen wir feststellen, dass hier trotz einer ziemlich nahen Verwandschaft dieser Tiere schneidende Verschiedenheiten in der Fortbewegungsmechanik im Wasser auftreten. Anderseits treten im Schwimmen beim Menschen (Klassisches Schwimmen) und beim Frosch (Xenopus) weitgehende Analogien zu Tage. Wenn wir noch bedenken, dass junge Ohrenrobben und Seehunde nicht gleich von Geburt ab zu schwimmen imstande sind, sondern es vorher erlernen müssen, so stossen wir auf starke Schwierigkeiten wenn wir hier die Schwimmbewegungen nach der, von *Poplewski* gegebenen Formulierung des angeborenen und des erworbenen Bewegungskomplexes, zu beurteilen versuchen.

In diesem Beitrag wurden folgende Formen in Bezug auf ihre Bewegungserscheinungen analysiert: Wasserfrosch, Hund, Alces alces, Capreola europea, Equus caballus, E. Przewalskii, Eumetopias californianus, Phoca vitulina, Thynnus thyn-

nus, Tarsius spectrum, Lyrurus tetrix und Mensch.

Auf Grund einer Vergleichsanalyse der Fortbewegung bei den obenerwehnten Formen bin ich zu folgenden Schlüssen gekommen:

Der Begriff des angeborenen Bewegungskomplexes muss eine Einschrenkung erfahren. Anstat des Begriffes des erworbenen Bewegungskomplexes möchte ich zwei Begriffe errichten: Die Bewegungsform und die Bewegungsweise (Bewegungsstyl).

Somit konnen wir unterscheiden:

1. Der angeborene Bewegungskomplex von *Poplewski* ist ein biologisches Kokret nur in der zweiten Formulierung; die erste ist abzulehnen. Anstatt des angeborenen Bewegungskomplexes möchte ich den Terminus Bewegungskomplex (kurz) behalten. Der Bewegungskomplex ist nur im Bereich der species charakteristisch. In Bezug auf das Individuum ist er als potenziell zu verstehen.

2. Bewegungsform: Diesen Begriff verstehe ich als den habitus der Bewegung in Bezug auf die Tierform und das Milieu in welchem die zweckmässige Bewegung sich abspielt. Sie ist als ein dynamischer Ausdruck der Konwergenzerscheinungen aufzufassen insofern, als sie die motorische Konsequenz der ähnlichen Körperformen bei genetisch verschiedenen Typen darstellt. Sie kann weit über die systematischen Kathegorien höherer Ordnung hinauskommen.

3. Die Bewegungsweise (Bewegungsstyl) ist als typische, ein jedes Individuum bezeichnende Ausführung einer zweckmässigen Bewegung, oder deren Kette, anzusehen. Dieser Begriff umfasst auch Bewegungsunterschiede welche in einem gegebenen Moment durch physiologische Faktoren bedingt sind. Die Bewegungsweise umfasst somit solche Bewegungserscheinungen eines jeden Individuums, welche in Zeit und Raum veränderlich und durch physiologische und sogar psychische Faktoren bendingt sind.

W ostatnich kilku latach zostało wprowadzone do polskiej literatury anatomicznej i biologicznej pewne nowe pojęcie, mianowicie pojęcie zestroju ruchowego (*Roman Poplewski,* Anatomia Ssaków, cz. I, II, III, oraz *R. Poplewski,* Świat Ssaków). Badacz ten podaje następujące definicje tego pojęcia (Anat. Ssaków, cz. III, str. 38): „Zespół pewnej ilości ruchów prostych, między sobą uzgodnionych, a odpowiadających ściśle określonym potrzebom, lub zadaniom życiowym". Autor ten daje jeszcze i inne sformułowanie temu pojęciu (ibid.): „Zestrój jest zharmonizowanym ruchem złożonym, wykonywanym w pewnej ilości stawów za pośrednictwem większej ilości mięśni, których skurcz jest kontrolowany i odpowiednio regulowany przez układ nerwowy ośrodkowy". Konsekwencją tych sformułowań syntetycznych, wprowadzającą do anatomii czynnościowej ogromnej wagi stwierdzenie, jest wyróżnienie przez *Poplewskiego* „zestrojów wrodzonych" i „zestrojów nabytych" (op. cit. str. 39). Wedle *Poplewskiego* (op. cit. str. 38) „większość zestrojów ruchowych dla życia niezbędnych posiada charakter zestrojów wrodzonych". W przeciwieństwie do zestrojów wrodzonych, których istotną cechą jest okoliczność, iż do celowego funkcjonowania w procesie życiowym danego zwierzęcia nie wymagają one nauki lub doświadczeń osobniczych (naukę i doświadczenia osobnicze możemy w rozważaniach biologicznych uważać za pojęcia synonimiczne), polega proces kształtowania się zestrojów nabytych na nauce, czyli na pewnej sumie doświadczeń, które dany ustrój żywy nabyć może, rzecz prosta, jedynie w ciągu swego rozwoju osobniczego pod wpływem bodźców środowiska. Wedle *Poplewskiego* (op. cit. str. 39) należą takie przejawy ruchowe, które u zwierząt powstają pod wpływem tresury, a których wyrazem u człowieka np. jest pisanie, gra na instrumentach muzycznych itp., do zestrojów nabytych. W swych niezmiernie wnikliwych rozważaniach nad zagadnieniem ruchów złożonych (op. cit. + Badania nad Mechaniką Chodu, odb. Wiad. Wet. nr 204, 1937; Z Podstaw biomechaniki — Über die Grundregeln der Biomechanik, Comptes Rendus, Soc. Sc. de Varsovie XXXI; 1938) dochodzi *Poplewski* do wniosku, że mogą one charakteryzować rozmaite grupy systematyczne zwierząt, a więc rzędy, rodzaje, gatunki, a nawet rasy i odmiany. W związku z tym stwierdza ten badacz, iż „można by rozróżnić zestroje mammologiczne, rzędowe, rodzinne, rodzajowe, gatunkowe, ra-

sowe, a nawet osobnicze" (Anat. Ssaków, cz. III, str. 39), przy czym „charakter osobniczego zestroju ruchowego wiąże się, oczywiście, ściśle z typem konstytucji ogólnej ciała". Jako ilustrację do tych stwierdzeń przytacza *Poplewski* szereg przykładów.

W powyższym schematycznym zarysie przytoczyłem tylko najistotniejsze momenty interpretacyjne pojęcia „zestrój ruchowy" i jego konsekwencji biologicznych, podane przez twórcę tej nowej zupełnie kategorii bio-anatomicznej.

Sprecyzowanie tego nowego pojęcia w dziedzinie anatomii czynnościowej pociągnęło za sobą doniosłe skutki. W oparciu o to pojęcie położył *Poplewski* podwaliny metodyczne pod nowy dział anatomii syntetycznej — biomechanikę. Wprawdzie już przedtem usiłował ująć poruszone tu zagadnienia w sposób biologiczno-porównawczy *H. Böker* (Böker, Vergleichende biologische Anatomie der Wirbeltiere Bd. I u. II, 1935), jednak do syntetycznego ujęcia zagadnienia biomechaniki, nie doszedł i żadnego pojęcia ogólnego, które by mogło stanowić punkt wyjścia dla teoretycznej rozbudowy zagadnienia biologii porównawczej ruchu, nie ustalił. Jeżeli chodzi o dziedzinę biologii porównawczej ruchu w świecie zwierzęcym, to metodę do badań w tej dziedzinie ugruntował ostatecznie *Othenio Abel* (Palaeobiologie). Jednak wciąż jeszcze brakowało zasadniczych reguł i stwierdzeń, na podstawie których można by było w sposób ścisły i precyzyjny rozpatrywać poruszenia zwierząt w ich procesie życiowym. Ugruntowanie przez *Poplewskiego* metody biomechaniki przez wprowadzenie podstawowych pojęć dla rozpatrywania poruszeń zwierzęcia, pozwala obecnie na głębsze wejrzenie w te zagadnienia.

Stoimy zatem wobec nowego pojęcia w dziedzinie anatomii czynnościowej, ściśle zdefiniowanego, które uznać musimy za punkt wyjścia dla wszelkich rozważań nad zagadnieniem stosunku w jakim pozostają przejawy ruchowe zwierzęcia do świata otaczającego. Krótko mówiąc, pojęcie zestroju ruchowego wprowadza nas in medias res biologiczno-porównawczych rozważań, których zagadnieniem centralnym jest i zawsze będzie poszukiwanie związku pomiędzy formą, funkcją i środowiskiem. Dlatego też mając do czynienia z pewnym nowym, a ściśle sformułowanym pojęciem, pierwszą czynnością przyrodnika być musi skonfrontowanie definicji i jej konsekwencji z możliwie wielką

ilością faktów biologicznych i zbadanie czy przy jej pomocy można wyjaśnić w sposób zupełny i niesprzeczny dotychczas znane fakty biologiczne. Poniżej postaram się wykazać, iż pojęcie to powinno ulec w pewnym sensie modyfikcji.

Weźmy za punkt wyjścia dla naszych rozważań niektóre przykłady przytoczone przez *Poplewskiego* (An. Ssaków, cz. III, str. 38, 39). Wedle tego badacza nowonarodzone szczenię psa, wrzucone do wody, przebiera kończynami w sposób identyczny, jak to czyni pies dojrzały. Przykład ten wedle *Poplewskiego* ilustruje jakościowy charakter zestroju wrodzonego, gdyż owe ślepe szczenię nigdy nie było uczone pływania, ani też nie może posiadać w tym, obcym dla siebie środowisku wodnym, żadnych osobniczych doświadczeń. O ile na tym przykładzie z dostateczną plastyką występuje myśl autora, iż taki zestrój ruchowy jest dziedzicznym wyposażeniem organizmu, leżącym niejako w płaszczyźnie genotypowego ekwipunku zwierzęcia dla życia osobniczego, to z drugiej strony w przykładzie tym występuje i pewna wątpliwość. Chodzi mianowicie o to, czy rzeczywiście nowonarodzone szczenię „przebiera w wodzie kończynami w identyczny sposób jak to czyni pies dorosły”? Wątpliwość tę należy nieco bliżej rozpatrzyć. O ile staniemy na stanowisku, że chodzi nam jedynie o czysto mechaniczne warunki możliwości ruchowych kończyn szczenięcia, to stwierdzić musimy, iż rzeczywiście stosunki układu kostno-stawowego i mięśniowego, rozważane pod kątem widzenia morfologii, są tu identyczne, ale jedynie w sensie homologii. Niewątpliwie posiada młode szczenię takie same potencjalne możliwości ruchu w swych kończynach, co i pies dorosły. Czy jednak te ruchy będą analogiczne? Obserwacja wykazuje, że tak nie jest. Rozpatrzmy ruchy kończyn szczenięcia ślepego i psa dojrzałego na właściwym podłożu, to jest na ziemi. Pierwsza i zasadnicza różnica jest tu ta, że pies dorosły może stać na ziemi, a nowonarodzone szczenię, może tylko na ziemi leżeć. W danym wypadku stanie i leżenie traktuję jako zespół ruchów, jako stan czynny układu kostno-stawowego i mięśniowego. Nowonarodzone szczenię leży brzuszną stroną ciała na ziemi i przy posuwaniu się naprzód właściwie się czołga; kończyny jego nie są zebrane pod ciało, lecz działają w stosunku do tułowia o wiele bardziej bocznie, niż to ma miejsce u psa dorosłego, czego najcharakterystyczniejszym wyrazem jest rozpłaszczona postawa szczenięcia podczas leżenia, będąca wy-

nikiem odmiennych proporcji kończyn szczenięcia w stosunku do tułowia, pomijając już kwestię siłowej niewydolności mięśni kończyn. Charakterystycznym momentem będzie tu fakt, iż psi noworodek jest w stanie leżeć i leży na brzuchu z całkowicie na boki rozstawionymi kończynami, a pies dorosły nie. U nieco starszego szczenięcia, które zaczyna chodzić, występuje charakterystyczne przewalanie się z boku na bok podczas chodu, które to przewalanie się, nie występujące u psa dorosłego, nie jest jedynie wynikiem mało precyzyjnego zrównoważenia ciała podczas chodu i siłowej niewydolności układu mięśniowego, lecz występuje również w znacznej mierze dzięki szerokiemu rozstawieniu kończyn na boki. Jeśli chodzi o habitus ruchowy szczenięcia wrzuconego do wody, to jego zasadniczą cechą jest rozpłaszczenie, połączone z usiłowaniem podniesienia na wszelki sposób głowy nad wodę, zaś ruchy kończyn nie tyle są grzebiące pod siebie, co właśnie cechuje ruchy psa dorosłego, ile zagarniające na boki naprzemianlegle, czyli właściwie takie same, jak na lądzie i właśnie dlatego nieskuteczne w wodzie, a tym samym i w tym środowisku niecelowe. Natomiast u psa dorosłego, umiejącego pływać (a istnieją psy łatwo i trudno uczące się pływać; mam obecnie psa — seter gordon — który jest antytalentem pływackim — po przepłynięciu kilku metrów tonie bez pomocy!), ruchy kończyn są grzebiące pod siebie i to przednie mocniej, tylne słabiej, zaś u psa nie umiejącego pływać, wykonują tylne kończyny takie ruchy, jak wówczas, gdy na ziemi pies wspina się na tylne nogi, całe ciało czyni rozpaczliwe wysiłki by unieść głowę, możliwie najwyżej, a przednie kończyny biją z góry po powierzchni wody tak, jak gdyby zwierzę usiłowało odepchnąć się przodem od powierzchni wody pionowo w górę (nie ulega wątpliwości, iż taki właśnie jest zamiar psa!). Z okoliczności tych wynika, że jeśli chodzi o zestrój ruchowy szczenięcia i psa dorosłego to łatwiej nam w ich przejawach ruchowych wskazać na homologie, niż na analogie i że właściwie habitus ruchowy jest tu bardzo odmienny. Zachodzi teraz pytanie dlaczego tak jest? Jedną z możliwych i, moim zdaniem, najbardziej prawdopodobnych odpowiedzi może być następująca: Zestrój ruchowy u zwierzęcia młodego w porównaniu z dorosłym ma raczej charakter potencjalny. Jest to jak gdyby zespół odziedziczonych, wskutek odziedziczonej budowy, możliwości ruchowych, które dopiero na gruncie

ontogenetycznego rozwoju całego ustroju i pod wpływem doświadczeń w życiu osobniczym otrzymają swą charakterystyczną fizjonomię, taką, jaka cechuje organizm dorosły. Na gruncie tych rozważań musielibyśmy uznać ruchy psiego noworodka za niecelowe w wodzie, zaś proces pływania u psa za zestrój nie wrodzony, lecz nabyty. Terminem najlepiej charakteryzującym ową sumę potencjalnych, w akcie dziedziczenia przez organizm potomny od form macierzystych otrzymanych możliwości ruchowych, jest wprowadzony przez *Poplewskiego* termin „zestrój ruchowy wrodzony", którego istotną moim zdaniem cechą jest mniejsza bezpośrednia celowość w sytuacji konkretnej w stosunku do otoczenia. Dla ilustracji tego poglądu można przytoczyć jeszcze następujący przykład, mający wymowę faktu biologicznego: Jak wiadomo przychodzą młode foki na świat na lądzie. Noworodek foczy posiada całkowicie gotowe materialne podłoże morfologiczne do tego, by jego zestrój ruchowy mógł się przejawić w sposób celowy, a więc skuteczny, w życiowym kontakcie ze środowiskiem wodnym. Kończyny młodej foki są odrazu ukształtowane typowo dla funkcji pływania, zarys ciała również. A jednak małe foczątko nie odrazu potrafi pływać i po raz pierwszy wrzucone przez swą matkę przemocą do wody, mogło by bez jej pomocy utonąć! Czemu tak jest? Bo posiada ono jedynie wrodzony zestrój ruchowy zwierzęcia lądowego. Zestrój ruchowy charakteryzujący zwierzę dorosłe w środowisku wodnem pojawi się dopiero później. Wprawdzie ten okres nieumiejętności pływania trwa u małej foki bardzo krótko, ale tym nie mniej fakt pozostaje faktem. Jak więc mamy się zapatrywać na zestrój ruchowy foki w wodzie? Czy jest to zestrój wrodzony, czy zestrój nabyty? Jeżeli byśmy na podstawie budowy anatomicznej kończyn i całego ciała chcieli scharakteryzować zestrój ruchowy foki to musieli byśmy powiedzieć iż jest on wrodzony, boć przecież anatomicznie układ kostno-stawowy i mięśniowy młodocianej i dojrzałej foki jest taki sam. Ale na mocy faktu biologicznego, którego niepodobna kwestionować, musimy uważać pływanie foki za zestrój ruchowy nabyty. Zasadnicza ruchowa funkcja ciała foczego — pływanie — bez której w warunkach naturalnych życie tego zwierzęcia jest nie do pomyślenia, nie jest zestrojem wrodzonym lecz nabytym! Lecz stojąc na gruncie ogólnej definicji zestroju ruchowego podanej przez *Poplewskie-*

go, musielibyśmy uznać pływanie foki ze zestrój ruchowy wrodzony, boć przecie trudno o przykład bardziej istotnego dla życia zestroju niż pływanie u foki.

Na gruncie poruszonych tu faktów powstaje w związku z pojęciem zestroju ruchowego zagadnienie integracji funkcjonalnej ustroju zwierzęcego w ramach rozwoju ontogenetycznego. Przecież młoda foka odrazu jest w stanie wykonywać swymi kończynami ruchy, a kończyny te są tak zbudowane, że w wodzie powinny działać skutecznie, a więc ruchy ich powinny być celowe. Tymczasem widzimy, że odrazu celowymi nie są. Dlaczego? Stanąwszy na gruncie teorii odruchów *Pawłowa* i dalszego jej rozwinięcia eksperymentalnego przez *Millera* i *Konorskiego* (*J. Konorski* i *E. Miller*, Podstawy fizjologicznej teorii ruchów nabytych — ruchowe odruchy warunkowe, 1933) moglibyśmy dać tu następującą odpowiedź: zarówno ruchy szczenięcia jak i ruchy młodej foki są początkowo odruchami ruchowymi nieuwarunkowanymi. Proces kojarzenia nie gra tu początkowo żadnej roli. Mięśnie szczenięcia i mieśnie foczątka się kurczą, ponieważ są inerwowane, lecz ta inerwacja jest bezładna, nieuporządkowana jakościowo i ilościowo w czasie. Ponieważ mięśnie się kurczą przeto i poszczególne układy kostno-stawowe się poruszają, a ponieważ układ kostno-stawowy jest układem uporządkowanym, a nie bezładnym, przeto i wynik takiego stanu czynnego w układzie będzie, przynajmniej pozornie, ruchem zorganizowanym, a nie anarchicznym. Nie znaczy to jednak by ruch taki, obojętnie prosty czy złożony, miał być ruchem celowym, czyli w jakiejś sytuacji życiowej skutecznym. W przypadku szczenięcia w wodzie i foczątka w wodzie nie będą początkowo ruchy ich kończyn i tułowia ani celowe, ani skuteczne. Z tego punktu widzenia i ruch rozwierania dzioba u świeżo wyklutego z jaja pisklęcia np. wróbla czy wrony (ruch prosty), zachodzi w sposób niecelowy, albowiem to ptak dorosły, karmiciel, wkładać musi pisklęciu do przełyka pożywienie, przy czym, jak to łatwo stwierdzić przez bezpośrednią obserwację, nie zawsze mu się to udaje, bo często bywa, iż pisklę w momencie wkładania pożywienia, właśnie dziób zamyka. U świeżo wyklutego pisklęcia inerwacja mięśni jest niezorganizowana jeszcze. Świadczy o tym fakt, iż całe jego ciało jest w ruchu, drga jak galareta. W tych układach kostno-stawowych, które są bardziej złożone, albo też w tych sytuacjach, w których do

celowego działania niezbędne jest wejście w grę całego szeregu układów, wskutek niezorganizowanej inerwacji, nie dojdzie do żadnego zorganizowanego ruchu. Tam, natomiast, gdzie bardzo mały, lub bardzo nieskomplikowany układ mięśniowy wiąże się z bardzo prostym układem kostno-stawowym, przy inerwacji mięśni, nawet w sposób nieuporządkowany w czasie, dojdzie od razu do ruchu prostego, a jeśli ten ruch wprowadza w stan czynny tak kapitalny pod względem życiowym narząd jak np. dziób ptaka, to obserwator będzie skłonny uznać ten ruch za celowy ze względu np. na proces pobierania pożywienia. W przytoczonym przykładzie wnioskowalibyśmy wedle wzoru pars pro toto.

Jeżeli teraz zwrócimy się do zestrojów ruchowych osobniczych, to powstaje zagadnienie czy definicja, podana przez *Poplewskiego*, jest całkowicie wystarczającą? *Poplewski* (op. cit. str. 39) przytacza przykład człowieka i stwierdza: „nie wszyscy ludzie chodzą jednakowo i częstokroć po odgłosie kroków można rozpoznać osobę, która się zbliża”. Wedle *Poplewskiego* charakter zestroju ruchowego wiąże się ściśle z typem konstytucji ogólnej ciała. Stwierdzenie powyższe możnaby, nie zmieniając w niczym jego sensu, ująć w sposób następujący: ludzie chodzą jednakowo, ale każdy w różny sposób. Nie widzę powodu dlaczego nie mielibyśmy tego samego powiedzieć i o zwierzętach i stwierdzić, iż np. konie chodzą jednakowo, ale każdy z nich w swoisty sposób. Rozpatrzmy nieco bliżej przykład konia i spróbujmy w jaki sposób, aplikując doń definicję zestroju ruchowego wyjaśnić by można jego przejawy ruchowe przy przenoszeniu się z miejsca na miejsce. Nie ulega wątpliwości że habitus ruchowy E. Przewalskii i rozmaitych odmian E. caballus jest bardzo odmienny, tak jak odmienny jest pokrój konia swobodnie żyjącego od jego ujarzmionych, czy jak kto woli „obłaskawionych” pobratymców. Należy jednak podnieść następującą okoliczność: Jeżeli porównamy habitus ruchowy (chody) ciężkiego konia zaprzęgowego z chodami jakiegoś konia wierzchowego, np. arabskiego z rodu Saklawi (umyślnie wybrałem przedstawiciela rodu Saklawi, gdyż, jak to pięknie wykazał w swej pracy *E. Skorkowski* — Badania nad systematyką konia, 1938 — Saklawi są mieszańcami z dominującą przymieszką koni ciężkich, nordycznych) to nie bez zdziwienia skonstatujemy, iż chody takiego

konia będą miały znacznie więcej elementów wspólnych z chodami E. Przewalskii, niż z chodami ciężkich nordycznych koni zaprzęgowych, pomimo iż w pierwszym wypadku mamy do czynienia z odmiennymi gatunkami, a w drugim jedynie z odmianami, czy nawet typami konstytucyjnymi. Porównując ze sobą pod względem charakteru poruszeń np. E. Przewalskii i jelenia znajdziemy u nich w chodzie stępem i kłusem, a również i w galopie o wiele więcej cech wspólnych niż u E. Przewalskii i zaprzęgowca ardeńskiego. Jeżelibyśmy teraz chcieli wśród zwierząt wziętych tu za przykład wyróżnić zestroje wrodzone i nabyte, to bylibyśmy w poważnym kłopocie, mając w pewnych wypadkach elementy podobniejsze u przedstawicieli odległych pod względem systematycznym grup zwierzęcych, niż wśród przedstawicieli blisko z sobą spokrewnionych. Że przejawy tu omawiane mogą się z sobą zazębiać, nawet u tego samego osobnika, to o tym świadczy fakt, iż konia o chodach normalnych można nauczyć inochodźtwa i to wcale nie przy pomocy tresury, a przez odpowiednie dobranie podłoża. Tak więc, jeżeli jadąc konno, będziemy przyśpieszać stęp w truchcika na pulchnej roli, lub na niezbyt grząskiej łące, to chód normalny konia zmieni się na inochód. Można tu przytoczyć jeszcze jeden ciekawy przykład. Oto łoś (Alces alces) jest normalnie w kłusie inochodem, tak na gruncie grząskim, jak i na twardym podłożu; w galop zrywa tylko wyjątkowo, bądź przy odniesieniu rany, bądź gdy zostanie czymś znagła przestraszony, przy czym cwał trwa u niego krótko i raczej możnaby tu mówić o kilkunastu czy kilkudziesięciu skokach, niż o chodzie galopem. Ale młody łoś — łoś dziecko — kłusuje na twardym podłożu również i normalnie i często przy forsowaniu tempa przechodzi w cwał, który utrzymuje przez czas dłuższy. Obserwowałem również łosia, który zraniony w nogę, a więc kulawy, kłusował normalnie silnie utykając. Łosia tego widywałem w ciągu jednego lata dosyć często i stwierdziłem, że podczas całego okresu swego okulawienia, wówczas gdy poruszał się kłusem, to kłusował utykając, normalnie. Poza tymi momentami, podnieść należy jeszcze jeden, a mianowicie ten, że habitus ruchowy form młodych jest z reguły odmienny od form dojrzałych i starych i tutaj znów staniemy przed zjawiskiem, że np. chód dziecka europejskiego będzie podobniejszy do cho-

du dziecka np. Masajskiego, niż do chodu człowieka dorosłego własnej rasy.

Dotychczas mówiłem o ruchach rozważając je ze stanowiska czysto kinetycznego. Nie możemy jednak nie uwzględniać w naszych rozważaniach fizjologiczno-czynnościowej strony organizmu. Poniżej postaram się wykazać, że charakter zestrojów ruchowych zależy nie tylko od pokroju ciała, ale może w niektórych wypadkach w znaczniejszym jeszcze stopniu od fizjologicznego stanu ustroju. Wiele przemawia również i za tym że ów, tak odmienny h a b i t u s ruchowy form młodocianych, związany jest z odmiennym stanem fizjologicznym ustroju, z odmiennym nastrojeniem funkcji wewnętrznych, takich jak np. rytm przemiany materii i energii, inna treść cieczy organicznych, osocza, krwi itd. Z tego punktu widzenia musielibyśmy wiązać również zmiany w charakterze zestrojów ruchowych ze zmianami wewnątrzustrojowymi, jakim ulega organizm w ciągu swego życia osobniczego. Jak wynika z poprzednich naszych wywodów, w których wskazywaliśmy na duże różnice, występujące w charakterze zestrojów ruchowych form młodych i starych, należało by oczekiwać równoległości zmian w przejawach ruchowych ze zmianami fizjologicznymi wewnątrz-ustrojowymi, których przejawy ruchowe są, jeśli już nie wyrazem, to w każdym razie, z całą pewnością, odbiciem. Wiele by tu można wyjaśnić zagadek gdybyśmy dysponowali dokładniejszymi danymi o ewolucji funkcji fizjologicznych organizmów żywych w ramach ich rozwoju ontogenetycznego i w ramach całego ich życia. Dotychczas jednak są nasze wiadomości w tej dziedzinie bardzo niewystarczające. Zachodzi teraz pytanie, czy owa odpowiedniość jest teoretycznym postulatem, czy też biologicznym, obserwacji podległym, konkretem? Moim zdaniem jest to fakt biologiczny, który możemy badać w drodze bezpośredniej obserwacji. Dla wykazania tego wystarczy tylko wspomnieć jak odmiennym jest h a b i t u s ruchowy zwierzęcia chorego i zdrowego, głodnego i sytego, zmęczonego i wypoczętego. A przecież wszystkie wymienione tu stany odpowiadają różnym jakościowo i ilościowo stanom fizjologicznym. Należy ponadto uwzględnić, że wymieniliśmy tu jedynie kilka przypadków skrajnych, obrazujących wahania w bardzo szerokim zakresie i bardzo łatwe do zaobserwowania. Ale nawet u zwierzęcia zupełnie zdrowego zmienia się charakter zestroju ruchowego, w sposób bardzo da-

leko idący, zależnie od takich stanów fizjologicznych jak np. zmęczenie. Ktokolwiek widział np. sarnę zgonioną przez wilki lub psy gończe ten niezawodnie przyzna, że habitus ruchowy zwierzęcia w tym stanie fizjologicznym jest zgoła odmienny od tego, co obserwować można u zwierzęcia wypoczętego. Obserwując na filmie zawodników olimpijskich w biegu maratońskim, widać, iż zwycięzca, dobiegając do mety, biegnie zupełnie inaczej, niż przy rozpoczynaniu biegu. Charakter poruszeń zmieniać się tu może tak dalece, iż osobę, którą po jej ruchach doskonale w innych okolicznościach poznawaliśmy, teraz moglibyśmy nie poznać. Napewno charakter zestroju ruchowego śmiertelnie znużonego, ledwie nogi wlokącego konia, czy człowieka, jest bardzo odmienny od jego ruchów w stanie wypoczętym. Zupełnie inaczej leży pies zmęczony, niż wypoczęty, a jeszcze inaczej chory; człowiek ciężko zmęczony siedzi na krześle inaczej niż wówczas, gdy jest wypoczęty. Widzimy, że różnice, jakie zależnie od rozmaitych stanów fizjologicznych mogą w ruchach występować, są bardzo znaczne.

Charakter zestrojów ruchowych może również być bardzo odmienny zależnie od płci. Jakże inny jest charakter poruszeń we wszelkich prawie okolicznościach u kobiety i u mężczyzny i to nie tylko w związku z różnicami w układzie kostnostawowym i mięśniowym oraz różnicami w proporcjach poszczególnych części ciała. Na różnice ruchowe kobiety i mężczyzny oraz dziecka i człowieka dorosłego, zwrócił uwagę w sposób niezmiernie wnikliwy i bardzo wyczerpujący fizjolog duński *J. Lindhard* (The Theory of Gymnastics 1934) dlatego nie będę w te sprawy bliżej wkraczał i odsyłam czytelnika do źródła. Należy jeszcze wspomnieć o tym, że w pewnych okresach charakter poruszeń różnych zwierząt zmienia się w sposób radykalny i to wyłącznie na skutek zmian wewnątrzustrojowych, przestrajających tak jakościowo, jak i ilościowo, fizjologiczne procesy ustroju. Mam tu na myśli okresy godowe u niektórych zwierząt. Bez zapuszczania się w szczegóły, przytoczę tu parę przykładów. Tak np. u cietrzewia samca (Lyrurus tetrix) zmienia się radykalnie charakter poruszeń podczas tokowania. Ktoś, kto by wystudiował z całą pedanterią sposób chodzenia cietrzewia na ziemi we wszelkich sytuacjach prócz tej jednej, musiałby przyznać, iż habitus ruchowy ptaka zmienił się bardzo znacznie. Ktoś, kto choć raz widział rogacza, pędzącego sarnę

na krążek, nie będzie mógł już nigdy pomylić owego krótkiego, rwanego cwału z przetrzymywaniem rytmu pracy przednich kończyn z żadnym innym cwałem tego zwierzęcia. A przecież ów szczególny cwał rogacza nie jest związany z samym aktem płciowym, gdyż po przypędzeniu sarny na krążek musi ją jeszcze rogacz zgonić do zupełnego prawie wyczerpania, zanim sam akt płciowy nastąpi. Cóż jest w tych przykładach osobliwego w odniesieniu do pojęcia zestroju ruchowego i dlaczego zostały one przytoczone? Chodzi o to, że stojąc na gruncie pojęcia zestrojów ruchowych nabytych i wrodzonych w sformułowaniu *Poplewskiego* nie można zdecydować do jakiej kategorii zestrojów owe szczególnego charakteru poruszenia należą. Przecież poza tokowaniem cietrzew nigdy w podobny sposób się nie porusza; nie są mu one również niezbędne do aktu płciowego, gdyż odbyć się on może i bez tych ceremonii. W układzie kostnostawowym i mięśniowym nic się nie zmieniło, a jednak h a b i t u s ruchowy ptaka się zmienił. Czy więc jest to zestrój wrodzony? Na tle powyższych faktów wygląda, że nie i to tym bardziej, że młody, roczny cietrzew, jeszcze tych tańców nie odbywa. A zatem zestrój nabyty? Ale można tu powiedzieć, iż zestrój ten na pewno nie spełnia postulatu decydującego o jego przynależności do zestrojów nabytych, a który *Poplewski* formułuje jak następuje: „zestroje nabyte wymagają nauki... i przynajmniej na początku są ruchami złożonymi, kierowanymi przez wyższe ośrodki układu nerwowego w stanie świadomym ssaka". Wprawdzie chodzi tu wyraźnie o ssaki, ale nie widzę powodu dlaczego byśmy pojęcia zestrojów ruchowych aplikować nie mieli i do innych grup kręgowców, albo i do zwierząt bezkręgowych (w tym ostatnim wypadku trzebaby było oczywiście wypracować zupełnie inne kryteria dla charakterystyki ruchu). Trudno bowiem uznać, by owe szczególne rodzaje poruszeń były kierowane przez wyższe ośrodki układu nerwowego w stanie świadomym. Należy raczej uważać, iż zachodzą tu bardzo szczególne zmiany inerwacyjne, wywołane przez daleko idące przestrojenia w procesach wewnątrzustrojowych, zaś następstwem bezpośrednim tych zmian jest odmienny, nieświadomie zmieniany h a b i t u s ruchowy. Jak zatem aplikować pojęcie zestroju wrodzonego do tego zjawiska? Jeśli staniemy na sformułowaniu, iż jest to „zespół pewnej ilości ruchów prostych, między sobą uzgodnionych a odpowiadających ściśle określonym po-

trzebom lub zadaniom życiowym", to ta definicja zestroju wrodzonego nie obejmuje różnic indywidualnych i nie obejmie pod względem zakresu ostatniego przykładu. Jeżeli znów staniemy na gruncie zestroju nabytego, to będziemy musieli uznać tańce godowe za ruchy wyuczone, a to nie będzie odpowiadało rzeczywistości. W dalszym ciągu tych rozważań postaram się wykazać, iż pewne zmodyfikowanie definicji pod względem jej zakresu, przy wprowadzeniu pewnego dodatkowego pojęcia, pozwoli na przezwyciężenie wymienionych trudności.

Należy wreszcie jeszcze rozpatrzyć pewne wypadki specjalne, gdzie mamy do czynienia ze zbliżonym habitusem ruchowym u przedstawicieli świata zwierzęcego bardzo od siebie w systemie zoologicznym odległych. Zanalizujmy więc np. proces pływania u A) żaby wodnej np. Xenopus i człowieka, oraz u B) lwa morskiego (Eumetopias), foki (Phoca) i człowieka. Wybrałem te dwie grupy przykładów zupełnie celowo, gdyż w każdej z nich występuje jedna forma identyczna, mianowicie człowiek dzisiejszy. Obie grupy rozpatrzymy kolejno, przy czym proces pływania traktować będziemy głównie z punktu widzenia mechaniki, nawiązując jedynie do zagadnienia ekonomiki wewnątrzustrojowej w tych wypadkach, gdy będzie to rzeczą konieczną do wyjaśnienia sobie biologicznych konsekwencji ruchu.

Przykład A.

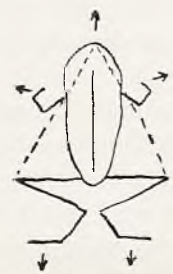
Analizując ten przykład możemy przy pomocy obserwacji bezpośredniej stwierdzić fakty następujące:

1. Człowiek jest w możności pływać i pływa też często w sposób bardzo podobny do tego, jak to robi żaba. Ten sposób pływania człowieka otrzymał nawet w słownictwie sportowym specjalny termin; sportowcy nazywają go mianowicie bądź „stylem klasycznym", bądź po prostu „żabką".

2. Charakterystyczną cechą wodnych Anura np. Xenopus przy pływaniu jest fakt, iż ruchy napędowe tylnych kończyn zachodzą równocześnie, a nie na zmianę, przy czym przednie kończyny są u nich przy szybszym pływaniu zupełnie nieczynne, przylegając ściśle do ciała.

3. Ciało żaby, grzbieto-brzusznie spłaszczone, przedstawia się w przedniej części jako klin, którego płaszczyzna przy poziomym ustawieniu ciała w wodzie jest zgodna z powierzchnią wody (rys. 1).

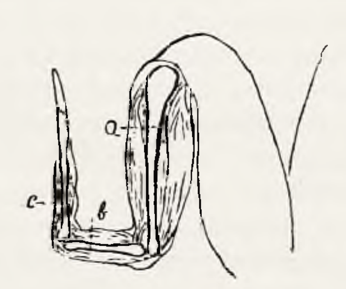
4. Kręgosłup żaby jest usztywniony, nie wykonuje przy posuwaniu się w wodzie ruchów wężowych, zaś głowa, wraz z tułowiem, stanowi jednolity pod względem mechanicznym, „sztywny”, mechanizm, przy czym przedni koniec głowy pozostaje dokładnie w linii ruchu, nie wykonując zboczeń w stosunku do linii ruchu (rys. 1).



Rys. 1. Schemat mechaniczny żaby. Według *H. Böker'a.*

5. Posuwanie się w przód szybko płynącej żaby nie jest ruchem jednolitym, lecz składa się z odepchnięcia, po którym ciało posuwa się czas jakiś, po czym się zatrzymuje, znowu zostaje odepchnięte ku przodowi itd. Czasami zostaje rytm odepchnięć tak przyśpieszony, że odepchnięcie następuje już wówczas, gdy zwierzę jeszcze się zupełnie nie zatrzymało. W tym wypadku składa się ruch z serii przyśpieszeń i zwolnień. W obu wypadkach ruchy napędowe tylnych kończyn działają w podobny sposób, jak przy skokach na lądzie. *Böker* (op. cit. cz. I, str. 141) nazywa bardzo trafnie ten rodzaj lokomocji w wodzie pływaniem skokowym — „Schwimmspringen”.

6. Wysoka wydajność napędowa tylnych kończyn żaby przy pływaniu jest zapewniona przez bardzo silny rozwój przyśrodkowych t a r s a l i a (c a l c a n e u s i a s t r a g a l u s), które stanowią dodatkowy pod względem mechanicznym układ kostno-stawowy (rys. 2).



Rys. 2. Schemat funkcjonalny kończyny tylnej żaby. Wedle *H. Börker'a.*

7. żaba może utrzymać się na powierzchni wody, lecz szybko i skutecznie po powierzchni wody pływać nie może; pływa ona skutecznie jedynie w dół, lub w górę, co przy skaczącym sposobie pływania i przy niefunkcjonalnych przy szybkim pływaniu przednich kończynach, które nie pełnią wówczas roli balansatorów, jest rzeczą zupełnie zrozumiałą (rys. 3).

8. Po odepchnięciu się i w czasie najszybszego posuwania się w wodzie, tylne kończyny są wyciągnięte w linii ciała i prawie złączone.

9. Pływanie żaby nie jest typem pływania szybkościowego i w wodach niespokojnych, silnie bieżących jest nieskuteczne.

10. Przy wynurzeniu się na powierzchnię wykonują tylne kończyny żaby ruchy naprzemianległe (rys. 3).



Rys. 3. Schemat pływania powierzchniowego żaby. Rysunek konturowy ze zdjęcia.

Jeżeli zestawimy teraz podstawowy sposób poruszania się żaby przy jej normalnym, szybkim pływaniu z poruszeniami człowieka płynącego „stylem klasycznym", to znajdziemy daleko idące podobieństwa w charakterze ruchów kończyn napędowych i to nawet w takich szczegółach jak np. w ruchu odpychającym stopy ku tyłowi u człowieka, u którego, jak to mogłem stwierdzić na zwolnionych zdjęciach kinematograficznych, wykonanych przez *P. Kaczmarkównę* na najlepszych w 1939 r. zawodniczkach i zawodnikach polskich w pływaniu „stylem klasycznym", występuje bardzo wyraźnie tendencja do ustawiania dla odepchnięcia, przy zgięciu kończyn napędowych, palców stopy w kierunku jak najbardziej ku przodowi, wedle schematu żabiego, przedstawionego na rys. 2. Rzecz oczywista, iż ruch ten u człowieka nie może być doprowadzony do takiego samego stanu, pod względem zakresu, jak u żaby, tym nie mniej, jednak, wysiłek, czyniony przez człowieka w tym kierunku sprawia, iż ludzki h a b i t u s ruchowy przy tym typie

pływania upodabnia się w pracy kończyn napędowych do żabiego w sposób bardzo daleko idący. Inaczej, natomiast, przedstawia się praca kończyn przednich u człowieka przy pływaniu „żabką”. O ile u żaby, przy szybszym pływaniu, są przednie kończyny zupełnie niefunkcjonalne, to u człowieka rzecz ma się inaczej. Jednak należy stwierdzić, iż aczkolwiek, w pływaniu u człowieka, grają kończyny przednie również i rolę napędową, to, jednak, działają one przede wszystkim jako b a l a n s a t o r y. W momencie, gdy ręce u człowieka są wyciągnięte w przód (co ma miejsce w chwili gdy ruch ku przodowi nadany przez nogi jest najszybszy) mają miejsce trzy doniosłe pod względem mechanicznym fakty: a) kończyny przednie znajdują się w jednej płaszczyźnie z resztą ciała, co sprawia, że w tym momencie opór stawiany przez wodę posuwającemu się naprzód ciału jest najmniejszy; b) następuje usztywnienie szyjnego i piersiowego odcinka kręgosłupa, przez co przednia część ciała staje się systemem mechanicznie zwartym i jednolitym; c) wskutek wyciągnięcia kończyn przednich ku przodowi w linii tułowia powiększa się nieco lędźwiowa lordoza, przez co powstają najkorzystniejsze warunki mechaniczne do mającego zaraz potem nastąpić lekkiego uniesienia głowy dla zaczerpnięcia oddechu (niezawodnie ma swą wymowę okoliczność, iż przy pływaniu żabką człowiek przy odepchnięciu się nogami zanurza się pod wodę), oraz do jak najekonomiczniejszego i najskuteczniejszego podciągnięcia tylnych kończyn z równoczesnym ich zgięciem, możliwie najdalej ku przodowi, przez co zwiększa się zakres ruchu efektywnego dla kończyn napędowych. Ten ostatni fakt stanowi dla człowieka pewną rekompensatę mechaniczną w porównaniu z żabą, która ma kończyny tylne o wiele dłuższe w stosunku do tułowia, niż człowiek. Rzecz prosta, że nie przedstawiliśmy mechanicznej strony pływania tego typu w sposób wyczerpujący; jest to raczej tylko schemat, w którym uwzględnione zostały jedynie zupełnie podstawowe momenty. Dokładniej zostaną one przedstawione przez *Kaczmarkównę,* po ukończeniu przez nią jej badań biologiczno-porównawczych nad pływaniem „żabką” u człowieka.

Jakże teraz po stwierdzeniu tych, przyznać trzeba daleko idących zbieżności w pływaniu u żaby i człowieka, interpretować mamy h a b i t u s ruchowy tych form na gruncie pojęcia zestroju ruchowego? Otóż przede wszystkim stwierdzić wypada,

iż w przypadku żaby i człowieka nie mamy do czynienia z konwergencją, która przecie jest wynikiem podobnego trybu życia. Poza tym musimy podnieść, iż tak jak żaba, nie pływa, poza człowiekiem, żaden ssak. Zwierzęciem, które ma tylne kończyny najpodobniejsze pod względem mechanicznej budowy do kończyn żaby, jest T a r s i u s s p e c t r u m, u którego przerost wykazują wprowdzie c a l c a n e u s i n a v i c u l a r e, a nie c a l c a n e u s i a s t r a g a l u s, jak to ma miejsce u żaby, tym nie mniej jednak pod względem mechanicznym mamy tu do czynienia z kończyną nadzwyczaj podobną. Jednak T a r s i u s w ogóle nie może pływać. U żaby jest zestrój ruchowy przy pływaniu niewątpliwie zestrojem wrodzonym, tak samo jak i skakanie. Najpodobniejszy do żabiego zestrój wrodzony występuje u T a r s i u s, a ten właśnie najpodobniejszy zestrój ruchowy okazuje się jako zupełnie nieprzydatny w wodzie. Zestrój ruchowy, którybyśmy u człowieka uważać mogli za wrodzony, jest zupełnie odmienny od żabiego. Pływanie człowieka „stylem klasycznym", stojąc na gruncie definicji *Poplewskiego,* musimy uznać za doskonały przykład zestroju nabytego. I oto okazuje się, że dwa nadzwyczaj podobne zestroje ruchowe wrodzone — T a r s i u s i żaba — są w pewnych warunkach zupełnie nieporównywalne, podczas gdy zestrój wrodzony i zestrój nabyty (co do człowieka to śmiało powiedzieć możemy, że z trudem wyuczony) są w pewnych warunkach, nawet w dość specjalnych szczegółach, bardzo zbliżone.

Jeżelibyśmy z kolei porównali h a b i t u s ruchowy żaby i człowieka na lądzie to okaże się, iż zestroje tych form tak u osobników młodych, jak i dojrzałych, są zupełnie odmienne. Jak mamy to rozumieć? Sądzę, że obecnie możemy się jedynie pokusić o najogólniejszą interpretację, stanąwszy na gruncie metody biologiczno-porównawczej *O. Abel'a* (Palaeobiologie). Moim zdaniem rzecz może się mieć w ten sposób: w środowisku wodnym, ze względu na mechaniczne warunki posuwania się, jest pokrój ciała ludzkiego podobny do pokroju żabiego, przy czym zakres możliwości ruchowych rozwiązań jest u człowieka, ze względu na jego budowę anatomiczną i niewyspecjalizowanie wodne, o wiele szerszy niż u żaby. Inna rzecz, iż te rozwiązania będą u niego gorsze, niż u żaby, albo nie tak celowe, nie tak dobre. Z tego względu może człowiek do posuwania się w wodzie wybierać sobie niejako sposób poruszeń (oczywiście w pewnym

ograniczonym zakresie). Jednym z możliwych typów pływania może u człowieka być „styl klasyczny — żabka", zaś habitus ruchowy tej lokomocji jest podobny do żabiego, ponieważ obaj przedstawiciele mają w wodzie podobny pokrój ciała pod względem warunków mechanicznych środowiska. Z interpretacji tej wynika jeszcze dość niespodziewana i na pozór paradoksalna konsekwencja, że habitus ruchowy dwóch różnych i niepodobnych do siebie istot może w pewnych okolicznościach być zbliżony i odwrotnie habitus ruchowy dwu zbliżonych postaci może w pewnych wypadkach być zgoła odmiennym. Czynnikiem warunkującym będzie z jednej strony środowisko, z drugiej zaś adaptacyjność ustroju.

Przechodząc z kolei do przytoczonego uprzednio przykładu B) będziemy mieli do czynienia z innym zgoła sposobem lokomocji wodnej innym zupełnie habitusem ruchowym, niż w przykładzie poprzednim. Analizując podstawowe elementy mechaniczne w pływaniu u foki (*Phoca vitulina*) i u lwa morskiego (*Eumetopias californianus*), możemy, abstrahując od szczegółów, stwierdzić co następuje: mechanicznym układem napędowym są u foki tylne kończyny; są one silnie przesunięte ku tyłowi i wykręcone tak, że stanowią mechaniczny odpowiednik płetwy rybiej, podobnie jak u ryb ustawiony (rys. 4 i 6). Głównym silnikiem dla tylnych kończyn foki



Rys. 4. Zarys konturowy ciała foki (*Phoca vitulina*), z *Brem'a.*

nie jest muskulatura kończyn, lecz muskulatura tylnej części tułowia. Jak wiadomo są przednie kończyny foki stosunkowo słabo rozwinięte i nie pełnią przy pływaniu żadnej roli napędowej; służą one wyłącznie jako stery i balansatory. Inaczej przedstawia się sprawa u lwa morskiego. U *Eumetopias* rolę narządów napędowych pełnią kończyny przednie, b. silnie rozwinięte, zaś tylne kończyny nie pełnią żadnej roli napędowej przy pływaniu, lecz służą jako stery, przy czym są funkcjonalne i przy lokomocji lądowej i mogą być zginane ku przodowi i podciągane pod tułów (rys. 5).

Przeprowadziwszy w ogólnym zarysie porównanie umięśnienia grzbietowej strony ciała u foki i lwa morskiego łatwo

zrozumiemy różnice w pływaniu u tych dwu przedstawicieli Pinnipedia. Idąc od głowy ku tyłowi stosunki przedstawią się nam w sposób, w najogólniejszych zarysach, następujący: a) warstwa zewnętrzna:



Rys. 5. Zarys konturowy ciała lwa morskiego *(Eumetopias californianus)*, z *Brem'a.*

1. m. cephalohumeralis jest u Eumetopias znacznie silniej rozwinięty — szerszy i dłuższy niż u foki.

2. m. humerotrapezius jest u foki znacznie potężniej rozwinięty pod względem masy, jest natomiast krótszy niż u lwa m. i tak na nasadzie humerus przytwierdzony, iż wyklucza obszerniejsze ruchy ramienia, w przeciwieństwie do tego, co występuje u Eumetopias.

3. m. spinotrapezius jest u foki potężnie rozwinięty i ciągnie się długim i szerokim, b. łagodnie zwężającym się płatem od linii barkowej aż poza środek ciała ku tyłowi, podczas gdy u Eumetopias wygląda on jak wązka, trójkątna wstęga i jest o więcej niż połowę krótszy.

4. m. triceps longus jest u foki dwa razy większy niż u lwa m.

5. m. latissimus dorsi jest u foki o wiele silniej rozwinięty i sięga o wiele dalej ku tyłowi niż u Eumetopias.

6. m. obliquus abdominis jest u foki słabiej rozwinięty niż u lwa m.

7. m. tensor fasciae fem. jest u Eumetopias silnie rozwinięty i o przebiegu prawie dokładnie poprzecznym, w wyniku czego, działanie jego na tylną kończynę wywołuje skutek mechaniczny o dużym zakresie ruchowym. U foki jest on znacznie słabiej rozwinięty, ma przebieg silnie skośny w stosunku do osi podłużnej ciała i warunkuje ruch kończyny o znacznie mniejszym zakresie.

8. m. rectus fem. jest u Eumetopias silny i długi i biegnie od cap. fem. skośnie w tył, podczas gdy u foki jest on słaby, krótki i przebiega poprzecznie.

9. m. gluteus med. jest u Eumetopias potężnie rozwinięty, podczas gdy u foki jest on w stanie prawie szczątkowym.

10. m. gluteus max. jest u Eumetopias słaby i wązki, zaś u foki potężnie rozwinięty i szeroki; punkt przyczepu przypada u foki na górną część fem., zaś u Eumetopias na środkową.

11. m. biceps fem. I. jest u Eumetopias potężny i długi i przebiega od fem. skośnie ku tyłowi, zaś u foki jest on znacznie słabiej rozwinięty i przebiega od fem. skośnie ku przodowi.

b) Warstwa wgłębna:

12. m. splenius jest u foki potężnie rozwinięty, szeroki i długi i ciągnie się od bocznych partii potylicznej i skroniowej części czaszki, gwałtownie się rozszerzając ku grzbietowi, przy czym jego powierzchnia przyczepowa sięga aż w pobliże obręczy barkowej. U Eumetopias natomiast jest mięsień ten b. słabo rozwinięty, wązki i krótki i od potylicznej części czaszki ciągnie się jako krótka i wązka wstęga, nie przekraczając ku tyłowi 4-go kręgu szyjnego.

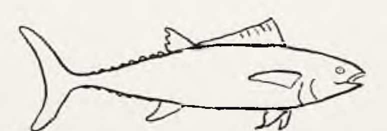
13. m. rhomboideus ant. jest u Eumetopias potężnie rozwinięty, natomiast u foki b. słabo.

14. m. atlanto-scapul. superf. jest u foki silnie rozwinięty zaś u Eumetopias słabo.

15. m. atlanto-scap. inf. jest u Eumetopias potężnie rozwinięty, zaś u foki b. słabo.

Powyższych kilka porównań, dalekich, rzecz prosta, od dokładnego przedstawienia układu mięśniowego tych zwierząt, wystarcza jednak w zupełności do zrozumienia techniki przenosinowej w wodzie u tych zwierząt. Jak widać z przytoczonego porównania muskulatury u foki i Eumetopias musi być habitus ruchowy tych zwierząt w wodzie bardzo odmienny. O ile bowiem umięśnienie przedniego odcinka ciała u lwa morskiego ma wybitnie dynamiczny charakter tak w odniesieniu do kończyn, jak i w odniesieniu do szyjnego odcinka kręgosłupa, o tyle umięśnienie odpowiedniego odcinka ciała u foki posiada raczej charakter statyczny — ustalający raczej przednie kończyny w odpowiedniej pozycji i nadający głowie i szyjnemu odcinkowi kręgosłupa charakter jednolitego, podczas pływania, usztywnionego aparatu przebijającego. Muskulatura przedniego

odcinka ciała jest u Eumetopias układem napędowym, zaś u foki układem ustalającym. Znajduje to swój wyraz w pokroju całego ciała (rys. 4 i 5). W odcinku ciała związanym z działaniem kończyn tylnych, jest umięśnienie u lwa morskiego umięśnieniem dynamicznym w sensie lądowym — tylne kończyny są na lądzie funkcjonalne — zaś w wodzie działają jako stery wyłącznie. U foki ma umięśnienie w okolicy pasa miednicowego, tak pod względem rozmieszczenia, jak wykształcenia elementów składowych, charakter przekładni pomiędzy potężnym dynamicznym umięśnieniem tylnej części tułowia, a ustalającym umięśnieniem tylnych kończyn. O ile u lwa m. jest silnik umieszczony na przednim odcinku ciała, to u foki jest on przemieszczony ku tyłowi i leży pomiędzy pasem barkowym i pasem miednicowym, bliżej tego ostatniego. Mechanizm propulsyjny działa u lwa m. po bokach ciała z przodu i jest narządem wiosłowym, zaś u foki leży on z tyłu, w linii podłużnej ciała, czyli osiowo i jest narządem śrubowym, bowiem tylne kończyny foki są ustawione podczas pływania tak, iż tworzą narząd propulsyjny jednolity (rys. 4), wprawiany w ruch przede wszystkim przez muskulaturę tylnej części tułowia, a więc m. latissimus dorsi, m. obliquus abd. ext., m. longissimus dorsi, m. iliocostalis lumb., która wprawia tułów w ruch wężowaty o wygięciach o małej amplitudzie, ale za to o wielkiej częstotliwości i dużej energii, który to ruch poparty jest ponadto przez boczne ruchy kończyn tylnych przede wszystkim w odcinku lędźwiowym. Okoliczności te sprawiają, iż foka, pod względem mechaniki posuwania się w wodzie, bliżej stoi do ryb



Rys. 6. Zarys pokrojowy ciała tuńczyka *(Thynnus thynnus)*, z *Brem'a.*

szybko pływających np. do tuńczyka (Thynnus thynnus), niż do lwa m., gdyż przy pływaniu ma przód ciała usztywniony, motorem jest u niej głównie muskulatura tylnej części tułowia, a aparatem napędowym pionowy i jednolity układ kończyn tylnych, działający jako „płetwa ogonowa". Znajduje to swój wyraz w pokroju ciała. Jeśli porównamy z sobą rys. 4, 5, 6, to przekonamy się, iż pokrój ciała foki (Phoca vitulina) bliżej stoi do pokroju tuńczyka (Thynnus thynnus) niż

lwa m. (E u m e t o p i a s c a l i f o r n i a n u s), pomimo iż oba wymienione ssaki są stosunkowo bliskimi krewniakami. W danym wypadku foka i tuńczyk stanowią przykład konwergencji (bardziej lokomotorycznej, niż morfologicznej). *Böker* (op. cit. cz. I, str. 206) podaje następujący adaptacyjny szereg pływacki: E u m e t o p i a s, P h o c a, M o n o d o n. Stojąc na gruncie definicji zestroju ruchowego *Poplewskiego* musielibyśmy uznać zestroje ruchowe u E u m e t o p i a s i P h o c a za nabyte, zaś zestrój M o n o d o n za wrodzony. Z tych pierwsze dwa u przedstawicieli stosunkowo blisko z sobą spokrewnionych są zupełnie odmienne. Na powyższym przykładzie widać, iż trudno właściwie mówić o zestroju ruchowym cechującym P i n n i p e d i a. Z drugiej znów strony mielibyśmy na gruncie zestroju ruchowego foki i tuńczyka o wiele więcej elementów wspólnych, niż na gruncie foki i lwa morskiego. Jeżeli zwrócimy się teraz z kolei do pewnego czynnika w przykładzie B), o którym dotąd nie wspomnieliśmy, tj. do człowieka, to będziemy mogli stwierdzić iż człowiek w pewnym sposobie pływania, mianowicie w pływaniu crawl'em ma sporo elementów mechanicznych wspólnych z foką, a nawet n o n o b s t a n d u m z tuńczykiem. Nie będę na tym miejscu wkraczał w szczegóły. Dokładniej omówi te sprawy w specjalnej publikacji *R. Roszko,* który obecnie przeprowadza w A. W. F. badania porównawcze nad pływaniem człowieka „stylem crawl" i zwierzętami. Tu wspomnę tylko, że jak w sposób zupełnie niewątpliwy wynika ze zdjęć kinematograficznych, wykonanych przez *R. Roszko* na czołowych zawodnikach polskich z roku 1939 w pływaniu crawl'em, zachodzi u człowieka przy szybkim pływaniu crawl'em usztywnienie przedniej części ciała, kończyny przednie pełnią głównie rolę balansatorów i sterów, motorem jest głównie muskulatura lędźwiowo-udowa, a układem propulsyjnym stopy, których działanie mechaniczne ma więcej elementów wspólnych z działaniem płetwy ogonowej ryb, niż to dotąd przyjmowano.

Dla uzupełnienia obrazu z przykładów A) i B) wspomnę, iż w roku 1936 *Zakład Fizjologii C.I.W.F.* rozpoczął pod kierunkiem *Doc. W. Missiuro* badania nad fizjologią sportów wodnych. Jak wynika z opublikowanych dotychczas wyników tych badań nad pływaniem (*B. Schmelkes,* Przyczynek do badań wymiany oddechowej podczas pływania, Przegląd Fizjol. Ruchu, 1936) stwierdził *Schmelkes* (op. cit. str. 24—26) zmniejszenie głębo-

kości oddechów, przy crawl'u, przy dużych szybkościach (co potwierdza wysunięte tu przeze mnie na podstawie mechanicznej analizy habitusu ruchowego stwierdzenie o usztywnieniu przedniej części ciała a więc inter aliis i klatki piersiowej) oraz znacznie większy koszt wewnątrzustrojowy pływania crawl'em w porównaniu ze „stylem klasycznym". Koszt pływania wedle *Schmelkesa* wynosi na 1 m drogi w cm^3 O_2 w jednej serii badań 104,51 st. klas. i 135,07 crawl.; w drugiej serii st. klas. 117,21, crawl. 134,96. Wynika więc z przytoczonych tu badań, iż intensywność pracy w crawl'u jest pokaźnie wyższa, niż w st. klas. *Schmelkes* wiąże owe większe koszty wewnątrzustrojowe przy pływaniu crawl'em z intensywniejszą pracą kończyn przednich przy crawl'u. Nie wydaje mi się jednak, aby interpretacja ta była całkowicie słuszna. Jak wnioskować można ze zdjęć filmowych najlepszych pływaków w tym „stylu" główna praca propulsyjna przypada w crawl'u jednak na kończyny tylne. Należy jednak podnieść okoliczność, na którą dotąd nie zwracano uwagi, tę mianowicie, iż żaba nie pływa nigdy pod prąd; efektywność żabiego sposobu pływania jest pod prąd bardzo mała; odwrotnie dzieje się w tych wypadkach gdzie napęd przypada na tylne kończyny, pracujące śrubowo, a więc wedle wzoru płetwy ogonowej — wystarczy powołać się tu na przykład szczupaka. Porównawcze badania, rozpoczęte nad tym zagadnieniem przez *P. Kaczmarkównę* i *R. Roszko* będą mogły zapewne wiele tu wyjaśnić.

WNIOSKI OGÓLNE.

Na podstawie wyżej przytoczonych okoliczności doszedłem do wniosku, iż po skonfrontowaniu definicyj wrodzonego i nabytego zestroju ruchowego z wymienionymi wyżej faktami biologicznymi należałoby je nieco zmodyfikować, przede wszystkim w sensie zwężenia zakresu definicji zestroju ruchowego wrodzonego i rozszerzenia i uzupełnienia pojęcia zestroju ruchowego nabytego. Nie pretendując do podania całkowicie zadowalniającego rozwiązania trudności w tej materii, proponowałbym następujące sformułowania tych pojęć:

1. Zestrój ruchowy wrodzony jest biologicznym konkretem. Terminem dla tego pojęcia najwłaściwszym byłby, zdaniem moim, termin *zestrój ruchowy*.

W dotychczasowym stanie nowej gałęzi anatomii, ugruntowanej przez *Poplewskiego,* mianowicie w biomechanice, tylko drugie sformułowanie czyni zadość postulatowi zupełności. Zestrój ruchowy jest biologicznym konkretem w odniesieniu do gatunku (species) i powstaje na gruncie genotypowym. W ten sposób definicja zestroju ruchowego byłaby następująca: „Zestrój ruchowy (wrodzony) jest zharmonizowanym ruchem złożonym wykonywanym w pewnej ilości stawów za pośrednictwem większej ilości mięśni, których skurcz jest regulowany przez układ nerwowy ośrodkowy". (*Poplewski* op. cit., str. 38). Zestrój ruchowy jest porównywalny tylko wśród przedstawicieli tego samego gatunku; w odniesieniu do przejawów ruchowych osobniczych ma charakter potencjalny.

2. Zamiast pojęcia zestroju nabytego, proponuję wprowadzenie dwóch pojęć: pojęcia *pokroju ruchowego* i pojęcia *stylu ruchowego.*

3. *Pokrój ruchowy:* Pojęcie to rozumiem jako habitus ruchowy, będący dynamicznym wyrazem pokroju ciała rozpatrywanego zależnie od środowiska, w którym się ruch odbywa, ze względu na jego życiową celowość. Pokrój ruchowy kształtuje się na grucie fenotypowym. Pojęcie to obemuje dość szeroki zakres; wchodzą doń przejawy ruchowe kręgowców (rozmyślnie ograniczyłem się w tych rozważaniach do kręgowców) w związku z ich potrzebami, lub zadaniami życiowymi, jednak bez uwzględniania momentów, od których zależy, że dany osobnik rozwiązuje je lepiej, a inny gorzej. Pokrój ruchowy jest dynamicznym wyrazem adaptacyjności ustroju do środowiska w ramach pokroju ciała; kształtuje się on w oparciu o zestrój ruchowy na podłożu pokroju ciała lub poszczególnych narządów. (Konstytucja). Pokrój ruchowy jest dynamicznym wyrazem zjawiska konwergencji, w wyniku którego, mamy podobny pokrój w ramach odmiennego rozwoju rodowego, u form genetycznie niespokrewnionych.

4. *Styl ruchowy:* jest to typowy, charakterystyczny dla każdego poszczególnego osobnika sposób wykonywania ruchów, uwarunkowany w szerszych granicach przez pokrój ruchowy. Tutaj należą takie rodzaje ruchów, których każdy osobnik musi się nauczyć, bądź też takie, które musi u siebie wyrobić w związku z jakimiś specjalnymi zadaniami życiowymi, ze względu na

jakieś celowe działanie. Pojęcie to obejmuje również zmiany, zachodzące w charakterze ruchów na skutek zmian wewnątrzustrojowych w danym momencie, takich, jak zmiany w wymianie gazowej, w krążeniu, w wydzielaniu dokrewnym itp. Z tego wynika, że styl ruchowy zależny jest nie tylko od najodpowiedniejszego indywidualnie dla danego osobnika sposobu modyfikowania pokroju ruchowego, lecz również od wewnątrzustrojowej kondycji, w jakiej się dany osobnik w danym momencie znajduje. Tak np., aczkolwiek jakiś atleta doskonale opanował pewien sposób skakania, dajmy na to wzwyż, to jednak jego styl ruchowy przy tym skakaniu nie zawsze będzie jednakowy, co między innymi odbije się i na wyniku; zależy to, ceteris paribus i od wieku. Podobnie styl ruchowy tego samego osobnika, wypoczętego i zmęczonego, będzie odmienny. Bo cóż ostatecznie stanowi o stylu ruchowym, dajmy na to w biegu? Przecież nic innego, jak sposób unoszenia kończyn, sposób ich stawiania, długość kroku, rytm, postawa itd. zaś z drobniejszych cech np. wyraz twarzy u człowieka (u psa zresztą też istnieje wyraz twarzy!). Wszystkie te cechy ruchowe stanowiące o stylu, zależne są od stanu fizjologicznego ustroju w danym momencie. Musimy również podnieść, iż na podstawie wyżej przytoczonych rozważań uznać wypada, iż styl ruchowy w znacznym również stopniu zależy od warunków natury psychicznej, boć przecie strona fizjologiczna splata się w jakiś, bliżej nam dotąd nieznany sposób ze stroną psychiczną jednostki. W jak znaczny np. sposób zależy charakter codziennych celowych poruszeń człowieka, psa, czy też konia od nastroju, humoru itp.! Wiemy znowu dalej, jak potężny wpływ wywiera np. na jednostkę ludzką środowisko społeczne, nastroje nurtujące w tym środowisku, warunki pracy, warunki mieszkaniowe, szczęście lub nieszczęście wreszcie. Przecież nie dlaczego innego, jak dla wpływania na styl ruchowy osobniczy została wymyślona gimnastyka. Na gruncie powyższych rozważań podnieść wypada jeszcze jedną okoliczność. Oto w sferach zajmujących się lekką atletyką utarło się nazywanie „stylem" sposobu wykonywania pewnych „wyczynów". Tak np. mówi się o „skoku stylem kalifornijskim" lub o „pływaniu stylem klasycznym" itd. Z punktu widzenia poprawności terminologicznej uważać to musimy za rzecz niewłaściwą. Geneza tego pomieszania pojęć jest zupełnie jasna. Na jakichś zawodach np. olimpijskich, ja-

kiś osobnik X czy Y uzyskał najlepszy wynik spośród konkurentów. Na tej zasadzie formułuje się odrazu zasadę ogólną następującą mniej więcej: „Trzeba wykonywać, dajmy na to skok, tak jak X lub Y”. Studiuje się jego ruchy, ułożenie ciała, omal nie wyraz twarzy, gorliwsi konstruują szereg konturowych schematów ze zdjęć kinematograficznych, stwierdzają, że tylko taki sposób skakania doprowadzić może do „rekordu” i styl jest gotowy do użytku. Zapomina się jednak przy tym, że ów X doszedł do swego sposobu rozwiązania danego problematu ruchowego na drodze wypracowania swego indywidualnego, dla niego najwygodniejszego — sobie właściwego stylu ruchowego w danej czynności celowej, opartego o pokrój ruchowy. Niezdawanie sobie sprawy z tych momentów prowadzi do komicznych nieporozumień w takich np. powiedzeniach: „tak on wygrał ten bieg; był pierwszym, ale jego styl jest fatalny”, lub też „X przegrał bieg, ale biegł doskonałym stylem”. Tak więc styl ruchowy jest to zespół przejawów ruchowych jednostki zmienny w ciągu życia osobniczego i uwarunkowany przez procesy fizjologiczne i psychiczne osobnika. Styl ruchowy to dynamiczny, zewnętrzny wyraz osobowości w konkretnej sytuacji.

PIŚMIENNICTWO.

O. Abel: (Paläobiologie), Grundzüge der Palaeobiologie der Wirbeltiere, 1912.
O. Abel: Das Reich der Tiere, Tiere der Vorzeit, 1939.
O. Abel: Lebensbilder aus der Tierwelt der Vorzeit, 1927.
R. Poplewski: Anatomia ssaków (Anat. d. Säugetiere). T. I, II, III.
R. Poplewski: Świat ssaków (Die Säugetierwelt).
R. Poplewski: Badania nad mech. chodu. Wiad. Wet. nr 204, 1937.
R. Poplewski: Z podstaw biomechaniki. Comptes Rendus Soc. Sc. de Varsovie XXXI, 1938.
H. Böker: Vergleichende Biol. Anat. d. Wirbeltiere Bd. I, 1935.
J. Konorski, E. Miller: Podstawy fizjologicznej teorii ruchów nabytych — ruchowe odruchy warunkowe, 1933.
J. Lindhard: The Theory of Gymnastics.
E. Skorkowski: Badania nad systematyką konia, 1938.
B. Schmelkes: Przegl. Fizjol. Ruchu, 1936.

(Zakład Wychowania Fizycznego i Anatomii Stosowanej
Kierownik: Prof. dr T. Rogalski).

(Zakład Fizjologii Uniwersytetu Jagiellońskiego
Kierownik: Prof dr J. Kaulbersz).

Zygfryd Wiener.

O WSPÓŁCZYNNIKU WYDAJNOŚCI PODCZAS PRACY FIZYCZNEJ.

Über den Wirkungsgrad im Verlaufe physischer Arbeit.

Wpłynęło: 24.XII.1938.

Unsere Untersuchungen wurden in der Absicht unternommen, um festzustellen, welchen Einfluss eine Modifikation der Arbeitsbedingungen auf den Wirkungsgrad einer typischen dynamischen Arbeitsform ausübt. Bisher wurde nämlich dieses Thema zum grössten Teil in Bezug auf Arbeitsformen behandelt, deren bedeutende statische Komponente eine Verallgemeinerung und Vergleichung der Ergebnisse nicht zuliess. Über das Radfahren und das Verhalten des Wirkungsgrades dieser Arbeitsform unter dem Einfluss einer Aenderung der Arbeitsbedingungen, wurde bisher wenig geschrieben. Wir stellten uns daher die Aufgabe dieses Thema eingehendst zu behandeln. Hauptsächlich interessierten uns folgende Probleme:

1) Der Einfluss, den eine Verlängerung der Arbeitsdauer auf den Wirkungsgrad ausübt.

2) Das Verhalten des Wirkungsgrades trainierter u. geübter Personen.

3) Der Einfluss:

a) passiver,

b) aktiver Ruhepausen auf den Wirkungsgrad dynamischer Arbeit.

Der Gasstoffwechsel während Ruhe und Arbeit wurde nach der *Douglas-Haldane'schen* Methode bestimmt, die Arbeitsgrösse auf *Krogh's* Cyklo-ergometer festgelegt. Unsere Untersuchungen wurden an gesunden Individuen aus verschiedenen Berufskreisen, an Trainierten und Untrainierten durchgeführt; wir wählten also verschiedenes Menschenmaterial, um möglichst weitgehende Schlüsse ziehen zu können. Um die Untersuchungen bei Funktionsgleichgewicht des Organismus (steady state) durchzuführen, führten wir vor der Entnahme der Expirationsluft eine einleitende Fahrt von einer Mindestdauer von 5 Minuten ein. Entsprechend der oben angeführten Probleme wurde eine ganze Reihe von Experimenten durchgeführt, auf Grund welcher wir Folgendes feststellen konnten:

1) Der Wirkungsgrad erreicht sein Maximum in einigen Fällen schon kurz nach Beginn der Arbeit, um dann im weiteren Verlauf der Arbeit allmählich immer kleiner zu werden. In anderen Fällen wiederum verbessert sich der Wirkungsgrad anfänglich mit der Verlängerung der Arbeit, erreicht nach längerer Arbeit seinen Höhepunkt, um dann langsam wieder abzufallen.

2) Wir konnten zwar feststellen, dass bei gleichem Grade der Übung trainierte Individuen einen höheren Wirkungsgrad aufwiesen, als untrainierte, kamen aber zum Schluss, dass dem Übungsgrade eine grössere Bedeutung zukommt als der Kondition. Untrainierte, die aber gleichzeitig im Radfahren geübt waren, wiesen nämlich einen höheren Wirkungsgrad auf, als Trainierte, im Radfahren jedoch ungeübte.

3) Was den Einfluss anbelangt, den eine Unterbrechung leichter Arbeit durch Ruhepausen auf den Arbeitseffekt ausübt, konnten wir feststellen, dass er sich recht verschieden gestaltet. Während sich in einigen Fällen ein günstiger Einfluss feststellen liess, war dieser in anderen Fällen unbedeutend. Dieses Verhalten lässt sich ungezwungen durch ungleiche Erholungsgeschwindigkeit bei verschiedenen Versuchspersonen erklären. Weiterhin untersuchten wir inwiefern eine eventuelle prakti-

sche Anwendung aktiver Ruhepausen theoretisch begründet wäre. Wir kamen so zu folgenden Ergebnissen:

Passive und aktive Erholungspausen wirken fast in gleichem Masse auf den Arbeitseffekt ein; die praktische Anwendung aktiver Ruhepausen wäre daher nur dadurch begründet, dass sie mit produktiver Arbeit ausgefüllt werden können während die passiven Ruhepausen vom ökonomischen Standpunkt eine wertlose u. unprod. Position darstellen.

Dieses Ergebnis und theoretische Überlegung führten uns nun zu einer Reihe von praktischen Schlussfolgerungen. Die oben beschriebene Tatsache, dass der Wirkungsgrad sein Maximum in einigen Fällen schon kurz nach Beginn der Arbeit, in anderen Fällen erst nach längerer Arbeit erlangt, erklären wir durch die Fähigkeit einiger Individuen in kürzester Zeit ihren Organismus auf Arbeit umstellen zu können, während bei anderen diese Adaptation des Organismus an Arbeit eine längere Zeitspanne benötigt. Es könnte sich daher für die Sporteignungsprüfung eine Hilfsmethode zur Bestimmung derjenigen Sportler ergeben, die sich für kurzdauernde Sportdisziplinen eignen (z. B. 100, 200 Mtr.), und derjenigen, die Aussicht haben im Langlauf, in Märschen und Radfahren z. B. bessere Resultate zu erreichen. Es ist klar, dass Individuen mit schnellster Anpassungsfähigkeit sich für kurzdauernde Leistungen eignen, während für den Langlauf und andere Dauerübungen Individuen speziell prädistiniert sind, deren Arbeitseffekt sich längere Zeit hindurch ständig verbessert. Überdies konnten wir feststellen, dass zu einem Zeitpunkt, da sämtliche Versuchspersonen über starke Ermüdung klagten, der Arbeitseffekt stark abfiel. Da zu eben diesem Zeitpunkt die häufige Inanspruchnahme einer speziellen elektrischen Regulationsvorrichtung auf *Krogh's* Cykloergometer darauf hinwies, dass die Versuchspersonen äusserst unregelmässig arbeiten — (eine für Ermüdung typische Erscheinung) — konnten wir annehmen, dass der starke Abfall des Arbeitseffektes sich auf tatsächliche Ermüdung — (in objektivem Sinne) — bezog. Daraus ergibt sich wiederum eine wertvolle Hilfsmethode um den Grad der Ermüdung einer Versuchsperson festzustellen. Wir müssen dieser Erscheinung umsomehr Bedeutung zumessen, da es bis heute keine sichere und verlässliche Methode gibt um sich über den Grad der Ermüdung einer Versuchsperson Klarheit verschaffen zu können.

Des weiteren kamen wir zum Schluss, dass man nicht schematisch ein und dieselbe Anzahl, und dieselbe Länge von Erholungspausen für eine grössere Masse von Individuen, z. B. Fabriksarbeitern, in Anwendung bringen darf, da Erholungspausen in einer gewissen Anzahl und von einer gewissen Länge einem Individuum volständig genügen können, während sie für ein anderes Individuum absolut ungenügend sind. Schliesslich kamen wir zum Schluss, dass wir vor die Wahl gestellt, zwischen passiven und aktiven Erholungspausen wählen zu müssen, wir absolut besser täten, die aktive Erholungspause zu wählen. Passive und aktive Erholungspausen wirken nämlich einerseits fast in gleichem Masse auf den Wirkungsgrad, andererseits kann bei entsprechender Konstruktion der Maschine die aktive Erholungspause mit produktiver Arbeit ausgefüllt werden.

I. WSTĘP.

U schyłku XIX w. pojawiły się prace *Katzensteina, Löwy'ego* ('91) i *Zuntza* ('97), które zapoczątkowały działalność w kierunku stworzenia podwalin dla fizjologii pracy. Od tego też czasu datują się wysiłki, mające na celu rozszerzenie problemu racjonalizacji pracy. Zagadnienie racjonalizacji pracy rozpatrywano dotąd jedynie pod kątem interesów ekonomicznych przy zupełnym nieuwzględnieniu stanu zdrowia robotników. Obecnie zaś zaczęto badać to zagadnienie z punktu widzenia postulatów fizjologii pracy. Fizjolodzy ówcześni postawili sobie za zadanie ustalenie dla robotników takich warunków pracy, które umożliwiłyby wykonanie jej przy jak najmniejszym zużyciu energii. W roku 1902 ukazała się praca *Zuntza* i *Schumburga* p. t. „Physiologie des Marsches", w której kwestia ekonomii pracy jest szczegółowo omówiona. Rozprawa ta stanowi na szerszą skalę zakrojoną próbę racjonalizacji pracy na podstawie pomiarów zużycia energii. Współczynnik wydajności obliczony przez nich z stosunku pracy wykonanej do energii wydatkowanej, był wprawdzie jeszcze nieścisły. (Autorzy nie uwzględnili bowiem przemiany gazowej spoczynkowej). Zasadnicza myśl jednak, tj. wnioskowanie o ekonomii pracy na podstawie obliczenia współczynnika wydajności, została podjęta przez autorów, którzy po

nich zajmowali się kwestią racjonalizacji pracy, i doprowadziła do ustalenia optymalnych warunków dla różnych form pracy. *Durig* ('09), *Lindhard* ('20), *Hill, Herbst, Lehmann, Müller,* następnie *Atzler* ('27) badali zachowanie się współczynnika wydajności odnośnie do różnych form pracy i dziedzin sportu. Posługując się metodą bezpośredniego oznaczenia przemiany gazowej, ustalili na podstawie obliczenia wsp. wyd. optymalne warunki dla takich form pracy, jak pociąganie, popychanie, podnoszenie ciężarów, piłowanie, ruch korbą ręczną, chód bez obciążenia, pociąganie i popychanie wózka, praca łopatą itd. Drogą modyfikacji tempa pracy, długości i intensywności wysiłku, wilgotności i temperatury powietrza, następnie długości, ilości i rodzaju wypoczynku, uzyskano obraz wahań wartości wsp. wyd. i, opierając się na jego wahaniach, łatwo było określić optymalne warunki dla danej formy pracy. Badania te zyskały szczególnie na znaczeniu z chwilą, kiedy się okazało, że można każdą skomplikowaną czynność rozłożyć na prostsze elementy względnie tzw. formy pracy. Przez ustalenie bowiem optymalnych warunków dla poszczególnych prostych składników jakiejś skomplikowanej czynności, uzyskalibyśmy możność określenia warunków, w których robotnik wykonałby tę czynność w sposób możliwie najekonomiczniejszy. Tych prostych form pracy nie jest zbyt dużo i usiłowania autorów idą właśnie w kierunku ustalenia najlepszych warunków dla tych wszystkich podstawowych form. W ostatnich latach ukazało się również wiele prac zajmujących się tym problemem, w których poglądy autorów na zjawiska, zachodzące w ustroju podczas i po pracy, uległy już jednak pewnych zmianom. Badania *Simonsona, Hebestreita, Gollwitzer-Meier* n.p. wykazały cały szereg nieścisłości w koncepcji *Hilla.* Z prac wydanych w ostatnich czasach, należy wymienić prace *Fischera* ('31), *Marschaka* ('33), *Missiuro, Kryszczyńskiego* i *Perlberg* ('34). Prace wymienionych autorów nagromadziły bardzo duży materiał doświadczalny. Odnoszą się one po części do form pracy o dużej komponencie statycznej (n.p. podnoszenie ciężarów, popychanie itd.), po części zaś, jak w pracach *Missiuro* i *Perlberg,* badano formę pracy, którą i myśmy wybrali do naszych doświadczeń, tj. ruch rowerowy. Wybraliśmy dlatego ruch rowerowy, ponieważ jest formą pracy o minimalnej komponencie statycznej, jest ruchem ściśle określonym i nie zezwala na znaczne indywidualne różnice w wy-

konaniu tej samej pracy. Badania zaś nad formami pracy o dużej komponencie statycznej dają na ogół mniej wartościowe rezultaty, ponieważ utrudnionym jest porównanie i uogólnianie wyników tak ze względu na znaczne indywidualne różnice w wykonaniu tej pracy, jak i też dlatego, że nie można wiedzieć jaka część pobranego tlenu odnosi się do komponenty statycznej.

Za zadanie postawiliśmy sobie szczegółowe zbadanie wpływu zmiany warunków na współczynnik wyd. w zastosowaniu do tej formy pracy. Głównie interesował nas wpływ czasu trwania wysiłku na wsp. wyd. pracy dynamicznej, dalej wpływ, jaki wywiera stopień zaprawy i wyćwiczenia na ten wsp. i wpływ wypoczynków a) biernych, b) czynnych na wsp. wyd. pracy dynamicznej. Wsp. wyd. obliczyliśmy w licznych doświadczeniach, posługując się metodą, opisaną poniżej.

II. METODYKA.

Współczynnikiem wydajności jest (w procentach obliczony) stosunek pracy wykonanej do energii zużytej, pomniejszonej o wartość energii, wydatkowanej w stanie spoczynku. (Zarówno praca jak i energia wyrażona w kgm/min). Ilustruje to najlepiej wzór $x = \frac{Pr \times 100}{(E\text{-}E\ sp.) \times 427}$ = wsp. wyd. Pr. = praca, wyrażona w kgm/min, E = energia zużyta w czasie pracy, wyrażona w cal/min, E sp. = energia zużyta w stanie spoczynku, wyrażona w cal/min.

Ażeby więc obliczyć wsp. wyd. musimy w pierwszym rzędzie przeprowadzić doświadczenia na aparaturze umożliwiającej ściśle oznaczenie pracy wykonanej w kgm/min. Te warunki spełnia znakomicie cykloergometr Krogh'a nowszego typu, na którym przeprowadziliśmy nasze doświadczenia. W celu oznaczenia przemiany gazowej w stanie spoczynku i podczas pracy posługiwaliśmy się metodą workową *Douglasa* i analizatorem *Haldane'a*. Uznaliśmy bowiem tę metodę za najbardziej praktyczną i odpowiednią dla naszych doświadczeń.

Doświadczenia przeprowadzone były na osobnikach zdrowych w wieku od 20—30 lat, o różnym stanie zaprawy i wyćwiczenia (co uwydatniono na tabl. III, mianem „wytrenowani" i „niewytrenowani", względnie „wyćwiczeni" i niewyćwiczeni"), przedstawicielach zawodów zarówno umysłowych jak i wyma-

gających ciężkiej pracy fizycznej. Odbywały się one przeważnie rano na czczo, zatem około 16 godzin po ostatnim posiłku, w nielicznych przypadkach z powodu trudności technicznych wieczorem, około 6 godzin po ostatnim posiłku. Tok doświadczeń przedstawiał się następująco: Po wypoczynku 30-to minutowym osoby badanej w pozycji siedzącej przystąpiliśmy do oznaczenia przemiany spoczynkowej. Przeciętnie przez 10 minut pobieraliśmy powietrze wydechowe, po czym bezpośrednio przystępowaliśmy do oznaczenia przemiany gazowej podczas pracy. Przed rozpoczęciem właściwego doświadczenia, tj. pobierania powietrza wydechowego, polecaliśmy osobie badanej wykonać w masce na ergometrze 5-minutową jazdę wstępną. Uczyniliśmy to z następujących przyczyn: Z badań *Szwejkowskiej* wynika, że krzywa zapotrzebowania tlenu wznosi się po rozpoczęciu pracy w ciągu pierwszych paru minut stromo, potem łagodniej i przechodzi po krótszym lub dłuższym czasie w zależności od natężenia pracy w linię falistą utrzymującą się mniej więcej na jednym poziomie. Ten tak zwany okres początkowy, trwający aż do ustalenia się równowagi, rozciąga się według tych badań na okres najwyżej 4-ch minut. W okresie początkowym zużycie tlenu stanowi zaledwie część zapotrzebowania organizmu, który wkracza w okres równowagi czyli steady state z niedoborem tlenowym; ten niedobór tlenowy (oxygen debt) ulega wyrównaniu głównie po zaprzestaniu pracy w okresie wypoczynku. Ilość tlenu zużytego w tym okresie w jednostce czasu nie odpowiada zatem charakterystycznemu dla danej pracy zużyciu tlenu. Jedynie w okresie steady state, w którym wytworzyła się równowaga między powstawaniem i usuwaniem kwasu mlekowego, można założyć, że zużycie tlenu jest równe istotnemu zapotrzebowaniu przy danej pracy. Ażebyśmy zatem mieli absolutną pewność, że doświadczenie przeprowadzone było w okresie steady state poleciliśmy osobie badanej wykonanie przed właściwym doświadczeniem 5-cio minutowej jazdy wstępnej. (Praca 456 kgm/min). Po jeździe wstępnej pobieraliśmy w 6 i 7-mej minucie jazdy powietrze wydechowe do analizy. Ażeby badać wpływ przedłużenia jazdy na wsp. wyd. przeprowadziliśmy szereg doświadczeń, w których przedłużyliśmy 5-cio minutową jazdę wstępną do 15 wzgl. 30 minut; w jednym przypadku pobraliśmy powietrze wydechowe w 16 i 17 minucie, w drugim przypadku zaś w 31 i 32 minucie jazdy. Tok doświad-

czeń, które miały na celu wykazanie wpływu wypoczynków biernych i czynnych na wsp. wyd., przedstawiał się następująco: po oznaczeniu przemiany spoczynkowej poleciliśmy osobie badanej wykonać 15-minutową jazdę (praca 456 kgm/min), po czym w 16 i 17 minucie pobraliśmy powietrze wydechowe do analizy; następnie osobnik badany zdjął maskę i wypoczywał w pozycji siedzącej przez 15 minut. Po wypoczynku jeździł ponownie w masce przez 15 minut, zakończeniem zaś tego drugiego okresu pracy było pobieranie w 16 i 17 minucie jazdy powietrza wydechowego do analizy. Tzw. wypoczynek bierny polegał więc na wypoczywaniu w pozycji siedzącej. Wypoczynek czynny przedstawiał się inaczej. Na miejscu kierownicy na ergometrze Krogh'a umieściliśmy korbę ręczną, połączoną łańcuchem z kołem pedałowym. Zadaniem osoby badanej było obracanie w czasie wypoczynku czynnego korby ręcznej w tempie 38 obrotów/min. przy obciążeniu 1 kg, co odpowiada pracy 228 kgm/min. Tok doświadczenia był poza tym taki sam jak przy stosowaniu wypoczynku biernego.

III. WYNIKI.

Doświadczenia, przeprowadzone na ergometrze Krogh'a w warunkach powyżej szczegółowo opisanych, miały na celu stwierdzenie zależności wsp. wyd. pracy dynamicznej od długości jazdy, od stopnia zaprawy, oraz wykazanie, jak wpływa na ekonomię pracy wprowadzenie wypoczynków biernych, lub czynnych. Wyniki tych doświadczeń odnoszą się zatem do trzech zagadnień, które możnaby pokrótce w ten sposób ująć.

1) Wpływ czasu trwania wysiłku na wsp. wyd. pracy dynamicznej.

2) Wpływ stopnia zaprawy na wsp. wyd. pracy dynamicznej.

3) Wpływ wypoczynków: a) biernych, b) czynnych na wsp. wyd. pracy dynamicznej.

Szczegółowo zestawiono wyniki na tablicach I, II, III i IV, graficznie wykreślono na rycinach nr 1, 2, 3 i 4.

Wpływ czasu trwania wysiłku na wsp. wyd. pr. dyn.

Tym zagadnieniem zajmował się już *Zuntz*, który wykazał, że wydajność pracy podczas marszu spada wskutek zmęczenia. Po nim cały szereg autorów, o których później będzie mowa, opracowywał to zagadnienie odnośnie do różnych form pracy; stwierdzili oni zgodnie, że po dłuższym lub krótszym czasie, zależnie od natężenia wysiłku spada wydajność pracy, pogarszając się potem coraz bardziej w miarę kontynuowania wysiłku. Rozmaite poglądy reprezentują różni autorzy w związku z wystąpieniem maksimum wydajności, co stwierdzają jedni nie długo po rozpoczęciu pracy, inni znowuż dopiero po dłuższym czasie. Różne te wyniki można tłumaczyć wyborem przez autorów form pracy nieodpowiednich, o dużej komponencie statycznej, która się uchyla spod kontroli, uniemożliwiając porównanie wyników. Nasze badania przeprowadzono na osobnikach zdrowych, przy czym starano się o to, by badać osobników, pracujących w różnych zawodach i wykazujących różny stopień sprawności fizycznej dla osiągnięcia w ten sposób możności oceny wyników na szerszej płaszczyźnie.

Tablica I przedstawia wyniki doświadczeń przeprowadzonychnych po 5-cio minutowej jeździe wstępnej na ergometrze *Krogh'a*. Doświadczenia trwały 2 minuty, praca wykonana w czasie jazdy wstępnej i w ciągu doświadczenia wynosiła 456 kgm/minut. Zestawiono wartości wsp. wyd., obliczone w sposób powyżej w metodyce opisany, i jako uzupełnienie podane są wartości RQ, wentylacja/min, ilość kalorii, wyprodukowanych w ciągu minuty, ilość wydalonego CO_2 i pobranego O_2; wartości te podane są dla metabolizmu spoczynkowego i metabolizmu pracy. Na podstawie tablicy I stwierdziliśmy odpowiednio do różnorodnego materiału ludzkiego, na którym przeprowadzono badania, że — wartości wsp. wyd. wykazują różnice indywidualne i wahają się — przy tej samej pracy, wykonanej w tych samych warunkach — w szerokich granicach od 20—30%. Zgadza się to z tym, co podaje *Atzler*, że dla tej formy pracy (jazda na rowerze) otrzymuje wartości wsp. wyd. do 30%. Musimy jednakowoż już teraz zaznaczyć i powrócimy do tego jeszcze przy omawianiu tablicy II, że otrzymaliśmy wyższe wartości maksymalne, dochodzące do 33%. Jeżeli zważymy, że wartości wsp. wyd. dla innej formy pracy wynoszą np. dla

TAB. I.

Warunki doświadczenia: Praca 456 kgm/min. 5 min. jazdy wstępnej.

Experimentsbedingungen: Arbeit 456 Kgm/Min. 5 Minuten einleitender Fahrt.

Zawód *Beruf*	*Alter* Lat	Metabolizm spoczynkowy *Ruheumsatz*					Metabolizm pracy *Arbeitsumsatz*					Współcz. wyd. pr. dynamicznej *Wirkungsgrad der dyn. Arbeit* %
		RQ	Went./min.	cal./min.	CO_2 %	O_2 %	RQ	Went./min.	cal./min.	CO_2 %	O_2 %	
T. K., student praw	28	1,33	9,52	1,30	3,31	2,50	0,98	24,27	5,43	4,37	4,46	26,83
N. W., st. szk. zaw.	18	0,90	9,08	1,50	3,31	3,36	0,78	24,27	5,92	4,19	5,37	24,15
U. B., lekarz	29	0,87	5,80	0,90	3,02	3,16	1,01	23,05	5,31	4,23	4,18	24,22
N. W., ślusarz	18	1,20	8,60	1,05	2,76	2,23	1,03	25,46	5,47	3,71	3,64	24,15
H. A., st. szk. techn.	20	0,91	7,15	1,02	2,73	2,88	0,97	29,66	5,03	4,10	4,21	26,63
E. A., uczenn. szk. zaw.	15	0,85	5,93	1,01	2,62	3,50	1,06	23,83	5,27	3,88	3,70	25,07
H. L., stud. praw	21	0,97	5,39	0,74	2,98	2,75	1,26	28,23	5,44	3,56	2,82	22,76
O. A., urzędnik	23	0,90	6,04	1,09	2,69	3,68	0,92	35,89	6,31	4,87	5,29	20,49
K. G., st. med. i W. F.	21	0,76	6,03	1,05	3,32	3,66	1,09	24,11	5,12	4,27	3,92	27,40
G. B., st. med. i W. F.	21	0,98	5,74	0,81	2,70	2,79	1,07	23,19	5,74	3,96	3,70	21,62
M. B., stud. W. F.	21	0,86	6,70	1,12	2,75	3,42	1,03	30,21	4,71	4,02	3,88	29,72
Z. W., st. med. i W. F.	22	0,93	6,41	0,96	2,95	3,08	1,08	22,29	4,62	4,36	5,03	29,18

podnoszenia ciężarów 8.4%, dla piłowania 9.4% i, że z drugiej strony najwyższe, kiedykolwiek u człowieka stwierdzone wartości wsp. wyd. określane są na około 34%, śmiało twierdzić możemy, że praca na rowerze należy do najekonomiczniejszych form pracy. Zmieniając warunki doświadczenia odnośnie do długości jazdy wstępnej, przedłużając ją mianowicie do 15 wzgl. 30 minut, osiągnęliśmy wyniki, przedstawione na tablicy II. Na tablicy tej zestawione są wartości wsp. wyd., obliczone z doświadczeń przeprowadzonych po 15-minutowej jeździe wstępnej. Dla porównania podane są również wartości wsp. wyd. po 5-cio i 30-to minutowej jeździe. Na podstawie tej tablicy stwierdzamy, że wsp. wyd. wykazuje wahania w zależności od coraz to dłuższej jazdy wstępnej. W niektórych badaniach bowiem stwierdza się pogorszenie się wsp. wyd. po dłuższej pracy. Osobnicy ci pracują więc po 15 minutach jazdy wstępnej mniej ekonomicznie niż po 5-ciu minutach. Inni znowu, a tych jest najwięcej, wykazują po dłuższej jeździe wstępnej polepszenie się współczynnika. Po przedłużeniu zaś jazdy wstępnej do 30-tu minut, kiedy występują u wszystkich wyraźne już objawy zmęczenia, stwierdzamy bez wyjątku pogorszenie się wsp. wyd. w stosunku do współczynnika po 15 minutach.

W jakim stopniu polepszenie lub pogorszenie wsp. wyd. zależy od przedłużenia jazdy, przedstawia graficznie rycina nr 1. Rycina ta przedstawia bowiem graficznie stopień polepszenia wzgl. pogorszenia wsp. wyd. po 5-cio, 15-to i 30-to minutowej jeździe wstępnej. Jeżeli mianowicie przyjmujemy każdą poszczególną wartość współczynnika wydajności po 15-minutowej jeździe wstępnej jako 100 i obliczamy np. wsp. wyd. nr 1 na tabl. II po 15-tu minutach jazdy wstępnej ze wzoru $x = \frac{100 \times 28.1}{24.5}$ otrzymujemy wartość 116, dla wsp. wyd. po 30-tu minutach zaś 101. Jeżeli wartości otrzymane oznaczymy na pionowych, wyrysowanych równolegle w pewnej danej odległości od siebie i połączymy te punkty linią prostą, wtedy kąt nachylenia, zawarty między linią poziomą i skośną będzie wyrazem stopnia pogorszenia, względnie polepszenia wsp. wyd.; stopień ten będzie tym większy im większy będzie kąt nachylenia. Przypatrując się rycinie stwierdzamy, że wsp. wyd. polepszają wzgl. pogarszają się w różnym stopniu po przedłużeniu jazdy wstępnej do 15 minut. Jedynie w przypadku nr 6 stwierdzamy bardzo znaczne

TAB. II. Warunki doświadczenia Praca 456

Experimentsbedingungen: Arbeit 456

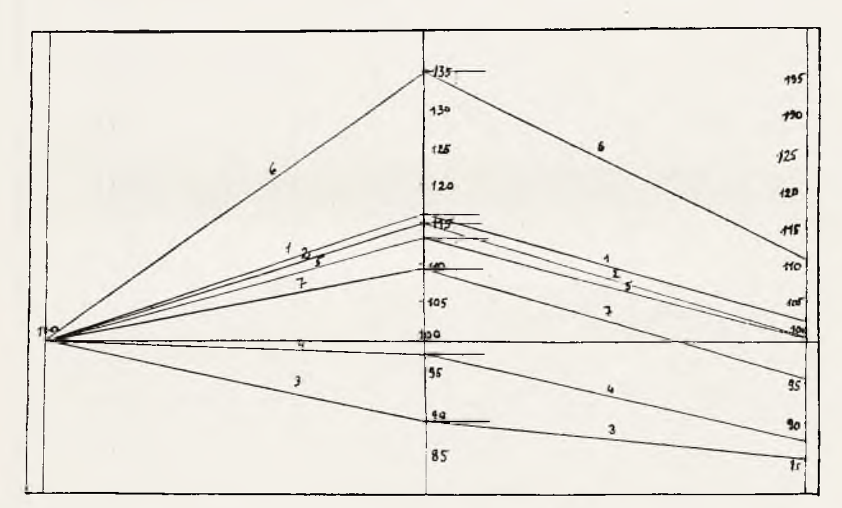
Zawód *Beruf*	Lat *Alter*	Metabolizm spoczynkowy *Ruheumsatz*				
		RQ	Went./min.	cal./min.	CO_2 %	O_2 %
N. W., stud. szk. zaw.	18	1,13	8,37	0,95	2,48	2,19
G. B., stud. praw	22	0,97	5,24	0,89	3,28	3,30
K. G., st. med. i W. F.	21	0,96	6,28	0,86	2,64	2,74
R. Br., „ „ „	21	0,84	6,09	0,89	2,52	3,04
E. A., st. szk. zaw.	15	1,12	5,47	0,73	2,31	2,58
O. Ą., urzędnik	23	0,90	6,04	1,10	3,32	3,70
Z. W., st. med. i W. F.	22	0,93	6,31	0,96	2,86	3,07
H. L., stud. praw	21	0,97	5,39	0,74	2,86	2,78
U. B., lekarz	29	0,95	5,06	0,76	2,88	3,02
F. P., st. szk. zaw.	19	0,81	6,43	0,98	2,55	3,15
N. W., mechanik	18	1,30	7,67	1,04	3,28	2,50
N. W., „	18	1,12	6,59	1,02	3,30	2,90
L. R., „	18	1,20	6,80	1,12	2,53	2,11
L. R., „	18	1,04	5,82	0,87	3,05	2,92
Z. W., st. med. i W. F.	22	0,92	4,70	0,70	2,72	3,01
Z. W., „ „	22	1,05	4,12	0,49	2,45	2,32
I. I., stud. W. F.	22	1,06	4,83	0,86	3,66	3,46
I. I., „ „	22	0,94	4,52	0,64	2,68	2,83
A. L., mgr. praw	25	1,22	5,32	0,80	3,45	2,82
A. L., „ „	25	0,80	5,34	0,86	2,68	3,35
J. C., stud. med.	25	0,81	6,61	1,50	4,13	5,13
J. C., „ „	25	0,76	4,87	1,30	4,33	5,66

kgm/min. 15 min. jazdy wstępnej.

Kgm/Min. 15 Minuten einleitender Fahrt.

Metabolizm pracy *Arbeitsumsatz*					Współcz. wyd. pr. dynamicznej *Wirkungsgrad der dyn. Arbeit* %
RQ	Went./min.	cal./min.	O_2 %	CO_2 %	
1,03	26,58	4,69	3,59	3,47	po 5 min. 24,15 „ 15 „ 28,10 „ 30 „ 24,69
1,03	26,64	5,26	4,03	3,88	po 5 min. 21,62 „ 15 „ 24,92 „ 30 „ 21,42
0,93	24,04	5,11	3,99	4,28	po 5 min. 27,40 „ 15 „ 25,15 „ 30 „ 23,20
1,03	23,81	5,48	3,95	3,85	po 5 min. 24,20 „ 15 „ 23,81 „ 30 „ 21,24
1,10	26,69	4,50	3,59	3,26	po 5 min. 25,07 „ 15 „ 28,34 „ 30 „ 25,14
1,05	29,47	5,60	4,20	4,00	po 5 min. 20,49 „ 15 „ 28,11 „ 30 „ 22,40
1,17	22,28	4,29	4,28	3,69	po 5 min. 29,18 „ 15 „ 32,07 „ 30 „ 29,06
1,28	37,26	5,14	3,40	2,60	po 5 min. 22,76 „ 15 „ 24,28
1,19	28,85	5,53	4,27	3,62	po 5 min. 24,22 „ 15 „ 22,41
1,03	27,22	5,21	3,88	3,76	25,16
1,04	23,52	4,90	4,27	4,10	27,70
1,12	24,19	4,78	4,50	4,01	28,42
1,20	27,36	4,82	4,02	3,32	28,80
1,18	26,14	4,30	3,70	3,12	31,10
0,85	16,11	3,92	4,26	5,00	33,11
1,01	18,33	3,88	4,23	4,18	31,53
1,02	18,03	4,08	4,54	4,46	33,15
0,89	18,31	3,90	4,20	4,22	32,73
0,98	18,43	4,36	4,60	4,70	30,05
1,01	23,32	4,66	3,98	3,95	28,19
0,81	22,90	6,61	4,86	6,00	20,86
0,81	20,90	6,61	5,29	6,58	20,09

polepszenie się wsp. wyd. Osobnik ten wykazuje bowiem po 30 minutach wyższy wsp. wyd., niż po 5 minutach jazdy wstępnej. We wszystkich wypadkach zaś, jak mówiliśmy, pogarsza się współczynnik wyd. po 30 minutach w stosunku do wsp. wyd. po 15 minutach jazdy wstępnej, przy czym i tutaj pogarsza się ten współczynnik w różnym stopniu. Porównując wyniki naszych badań nad wpływem czasu trwania wysiłku na wsp. wyd. z wynikami innych autorów, należy zaznaczyć, że już szkoła *Zuntza* stwierdziła pogarszanie się wsp. wyd. po dłuższej pracy, jako efekt zmęczenia. Potwierdzili to później *Fischer* i *Irwin,*



Rys. 1. Stopień polepszenia wzgl. pogorszenia współczynnika wydajności po 15 min. jeździe i po przedłużeniu do 30 min.

Fig. 1. Grad des Steigens bzw. des Fallens des Wirkungsgrades nach 15 Min. Fahrt und nach Varlängerung auf 30 Min.

przeprowadzając równocześnie badania nad zagadnieniem, w jakim stopniu pogorszenie się wskutek zmęczenia wsp. wyd. zależy od tempa pracy. I my stwierdziliśmy po 30 minutach jazdy wstępnej, kiedy to u wszystkich badanych wystąpiły wyraźne objawy zmęczenia, pogorszenia się wsp. wyd., z jednym wyjątkiem, kiedy to wsp. wyd. po 30 minutach był wyższy od wsp. wyd. po 5 minutach. (Rycina 1, nr 6). Przyczyny tego zjawiska omówimy w dyskusji. Podkreślić jeszcze trzeba badania *Hansena,* który przeprowadził doświadczenia na ergometrze *Krogh'a* i stwierdził przy średnio ciężkiej pracy polepszenie wsp. wyd. w miarę przedłużania jazdy i to do pewnej granicy, którą sta-

nowi jazda wstępna długości 10 minut. Po jeździe dłużej trwającej aniżeli 10 minut, następowało pogorszenie się współczynnika. Badania nasze wykazały w większości wypadków polepszenie wsp. wyd. w miarę przedłużania jazdy wstępnej. Granicę, powyżej której następuje pogorszenie współczynnika osiągało się dopiero po jeździe wstępnej dłużej trwającej, aniżeli 10 minut, ponieważ wykonana została podczas naszych doświadczeń praca nie średnio ciężka, lecz lekka. Słusznym okazał się również wprowadzony przez *Duriga* podział osobników (badanych na zachowanie się ich wsp. wyd. w zależności od długości jazdy), na tzw. „Steher" i „Reisser". Przy oglądaniu tablicy II, oraz ryciny 1 rzuca się w oczy fakt, że rozróżnić można właściwie 2 typy osobników. Jeden typ osobników wykazuje pogorszenie wsp. wyd. już po stosunkowo krótkiej jeździe wstępnej (kiedy jeszcze o zmęczeniu mowy by ćnie może), i ten współczynnik pogarsza się coraz bardziej w miarę przedłużenia jazdy. Drugi typ wykazuje początkowo w miarę przedłużenia jazdy wstępnej polepszenie, i dopiero po dłuższej jeździe współczynnik jego ulega pogorszeniu. Pierwszy typ pracuje zatem prawie że od początku jazdy wysoce ekonomicznie z tym, że jednak wydajność pracy odpada w miarę przedłużenia jazdy; ten typ można by nazwać „szybko rozruszającym się", gdyż jest w stanie szybko dostrajać ustrój do pracy. Typ ten odpowiada typowi „Reisser" *Duriga*. Drugi typ moglibyśmy nazwać „powoli rozruszającym się", ponieważ pracuje na początku jazdy niezbyt ekonomicznie, dopiero po dłuższym czasie osiąga swoje maksimum wydajności, po którym wydajność odpada; typ ten porównać można by z typem „Steher" *Duriga*. Zaznaczyć jeszcze należy, że typy powyższe występują tak u wytrenowanych jak i u niewytrenowanych.

Wpływ stopnia zaprawy na wsp. wyd. pracy dyn.

Zanim zajmiemy się bliżej omawianiem wyników badań nad powyższym zagadnieniem, musimy podkreślić, że trzeba odróżnić wyćwiczenie pewnych grup mięśniowych od stanu zaprawy całego ustroju. Podczas gdy pierwsze dotyczy szkolenia koordynacji pewnych grup mięśniowych dla pewnej określonej pracy, to drugie rozumieć należy jako stan zwiększonej zdolności do pracy całego ustroju, czego wyrazem jest powiększenie

serca, powiększenie umięśnienia, zmiana ilości buforów we krwi, zdolność lepszego wykorzystywania tlenu itd. Odpowiednio do tego zastrzeżenia przeciwstawiamy na tablicy III wytrenowanych niewytrenowanym. W obrębie tych dwóch grup tworzymy podgrupy wyćwiczonych w jeździe na rowerze i niewyćwiczonych. Przez termin — wytrenowany — (którego użyto na tabl. III), rozumiemy w naszym przypadku osobnika, który jest czynnym zawodnikiem, trenuje stale od szeregu lat, którego ustrój znajduje się zatem w stanie zaprawy. Pod mianem zaś — niewytrenowany — rozumiemy osobnika, który nie za-

TAB. III.

Wytrenowani — *Trainierte*				Niewytrenowani — *Untrainierte*			
Nazw. *Name*	Specjalność *Spezialität*	Wsp. wyd. *Wirk. sgrad* %	Wyćwiczenie *Uebung*	Nazw. *Name*	Specjalność *Spezialität*	Wsp. wyd. *Wirk. sgrad* %	Wyćwiczenie *Uebung*
A) Po pięciominutowej jeździe wstępnej. *Nach einleitender Fahrt von fünf Minuten.*							
M. B.	gimnastyk	29,72	Wyćwiczeni	N. W.	—	24,15	Wyćwiczeni
Z. W.	narciarz lekkoatl.	29,18		N. W.	—	24,16	
T. K.	narciarz	25,80	Niewyćwiczeni	U. B.	—	24,22	Niewyćwiczeni
G. B.	pływak	21,60		H. A.	—	26,63	
R. B.	narciarz	24,20		H. L.	—	22,75	
				O. A.	—	22,48	
				K. G.	—	27,40	
				E. A.	—	25,06	
B) Po piętnastominutowej jeździe. *Nach einleitender Fahrt von 15 Min.*							
Pe.	piłkarz	25,16	wyćwiczeni	N. W.	—	28,10	Wyćwiczeni
Z. W.	narciarz lekkoatl.	32,10		N. W.	—	27,70	
Z. W.	,,	33,10		N. W.	—	28,40	
Z. W.	,,	31,50		L. R.	—	28,80	
I. I.	lekkoatl.	33,20		L. R.	—	31,10	
I. I.	,,	32,70		Al. L.	—	30,05	
G. B.	pływak	24,92	Niewyćwiczeni	Al. L.	—	28,19	
R. B.	narciarz	23,80		O. A.	—	28,10	Niewyćwiczeni
J. C.	ciężkoatl.	20,90		H. L.	—	24,30	
J. C.	,,	20,10		U. B.	—	22,40	
C) Po trzydziestominutowej jeździe wstępnej. *Nach einleitender Fahrt von 30 Min.*							
Z. W.	narciarz lekkoatl.	27,83	Wyćwiczony	N. W.	—	24,70	Wyćwiczony
				K. G.	—	23,20	Niewyćwiczeni
G. B.	pływak	21,42	Niewyćwiczeni	O. A.	—	22,40	
R. B.	narciarz	21,20		E. A.	—	25,14	

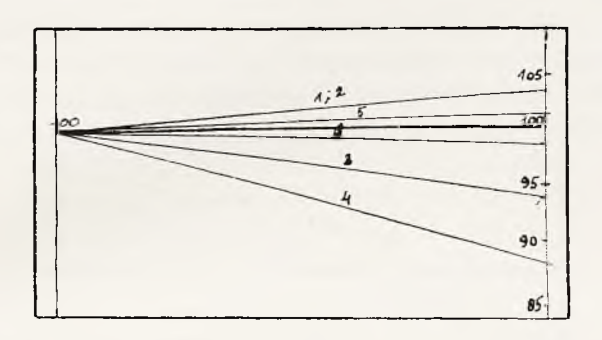
prawiając ustroju systematycznymi wysiłkami, może jednakowoż być wyćwiczonym w jeździe na rowerze. Przypatrzmy się teraz tabl. III, na której mamy zestawione wartości wsp. wyd. w pierwszej kolumnie dla ludzi wytrenowanych i to sportowców-specjalistów z najróżnorodniejszych dziedzin sportu, w drugiej kolumnie zaś dla ludzi niewytrenowanych. Prócz tego podkreśliliśmy tych, którzy jeżdżą stale na rowerze, których zatem uważać można za wyćwiczonych w tym kierunku. Zestawienia te odnoszą się do jazdy wstępnej 5, 15 i 30-minutowej, przedstawione wartości wsp. wyd. odnoszą się do pracy, wynoszącej 456 kgm/min i wykonanej na ergometrze *Krogh'a*. Już na pierwszy rzut oka uderza nas fakt, że wartości wsp. wyd. ludzi wytrenowanych nie są na ogół jakby należało oczekiwać wyższe od wartości wsp. wyd. ludzi niewytrenowanych. Jeżeli badamy stosunki te nieco szczegółowiej, stwierdzamy, że jednakowoż najwyższe wartości wsp. wyd. znajdują się wśród wytrenowanych. (Patrz pod A nr 1 i 2, pod B nr 2, 3, 5, 6, pod C nr 1). Reszta zaś wytrenowanych wykazuje wartości różne i stosunkowo niskie. Jeżeli chodzi o wyniki badań, przeprowadzonych na ludziach niewytrenowanych, zauważymy, i to specjalnie w drugiej kolumnie pod B nr 3, 4, 5, 6, 7 i jak i też C nr 1, że wyższe wartości wsp. wyd. istnieją na ogół u ludzi wyćwiczonych, jeżdżących stale na rowerze, mających zatem doskonale wyrobioną koordynację grup mięśniowych czynnych przy jeździe na rowerze. Najwyższe wartości wsp. wyd., stwierdzone wśród wytrenowanych, wykazują sportowcy, specjalizujący się wprawdzie w innych gałęziach sportu, jeżdżący jednak stale na rowerze. Ci ludzie posiadają zatem poza wysokim stopniem zaprawy doskonale wyrobioną koordynację odpowiednich grup mięśniowych, i te dwa czyniki razem wzięte umożliwiają im pracę w warunkach wysoce ekonomicznych. Z drugiej strony tłumaczą się niskie wartości wsp. wyd. u niektórych wytrenowanych brakiem wyćwiczenia mięśni w tym kierunku. Stwierdzamy to właśnie u pływaka pod A nr 4, u atlety wagi ciężkiej pod B nr 9 i 10 i pod C nr 2 na tablicy III. Wnioskujemy więc, że najwyższe wartości wsp. wyd. wykazują wytrenowani i zarazem wyćwiczeni, że wyćwiczenie w tym wypadku ma większe znaczenie od stopnia zaprawy tak, że na ogół ludzie niewytrenowani, jednakowoż wyćwiczeni, wykazują wyższe wartości wsp. wyd. od wytrenowanych i niewyćwiczonych. Z literatury

wynika, że inni autorzy otrzymali odnośnie do innych form pracy podobne wyniki. *Simonson* np. stwierdził wyższe wartości wsp. wyd. u wytrenowanych. Nie brał jednak u badanych osobników pod uwagę stanu wyćwiczenia, który odgrywa bodaj najważniejszą rolę. Stwierdziliśmy również przy porównaniu osobników wytrenowanych z niewytrenowanymi o równie dobrze wyrobionej koordynacji odpowiednich mięśni, że wytrenowani pracują z większą wydajnością.

Wpływ wypoczynków: a) biernych, b) czynnych na współczynnik wydajności pracy dynamicznej.

Stosunkowo mało opracowanym zagadnieniem jest kwestia znaczenia wypoczynków biernych i czynnych dla ekonomii pracy. Przed kilkudziesięciu laty (przed *Vernon* i *Setchener*, 1903 r.) panowało jeszcze powszechne przekonanie, że najlepiej wypoczywa człowiek po pracy w pozycji leżącej przy całkowitym spokoju ciała. Już z początkiem XX wieku jednak wskazali wymienieni *Vernon* i *Setchener* na przyśpieszenie wypoczynku zmęczonych grup mięśniowych przy zastosowaniu pracy innych mięśni poprzednio nieczynnych. Nazwali ten sposób wypoczywania wypoczynkiem czynnym w przeciwieństwie do wypoczynku całkowitego, czyli biernego. Od tego czasu różni autorzy zajmowali się tym ważnym zagadnieniem, stosując w swoich doświadczeniach różne formy pracy. Wnioski jednak różnych autorów odnośnie do tej sprawy nie są jednolite, wyniki bowiem doświadczeń wykazują zasadnicze rozbieżności. Podczas gdy jedni autorzy dochodzą do wniosku, że człowiek pracuje ekonomiczniej stosując wypoczynki czynne, to inni nie mogli stwierdzić żadnego korzystnego wpływu wypoczynków czynnych. Rozbieżne wyniki tłumaczą się może tym, że autorzy wybrali formy pracy o stosunkowo dużej komponecie statycznej, co znacznie utrudnia porównanie i uogólnianie wyników. Ten brak jednolitości w wnioskach odnośnie tak ważnego zagadnienia skłonił nas do podjęcia badań nad powyższym zagadnieniem, przy czym wybraliśmy formę pracy o minimalnej komponencie statycznej. Wyniki tych badań przedstawiają: tablica IV i ryciny nr 2, 3, i 4. Na tablicy IV pod A zestawione są w pierwszej kolumnie wartości wsp. wyd. otrzymane w doświadczeniach przeprowadzonych po 15-minutowej jeździe wstęp-

nej. Po jeździe wstępnej zastosowano 15-minutowy wypoczynek w pozycji siedzącej, po czym przeprowadzono po powtórnej 15-minutowej jeździe wstępnej właściwe doświadczenie, którego wyniki są zestawione w II-giej kolumnie. Pod B zaś umieszczono wyniki otrzymane przy identycznym postępowaniu z tą jednak



Rys. 2. Stopień pogorszenia wzgl. polepszenia współczynnika wydajności po zastosowaniu wypoczynku biernego.
Fig. 2. Grad des Fallens bzw. des Steigens der Wirkungsgrades nach passiver Erholungspause.

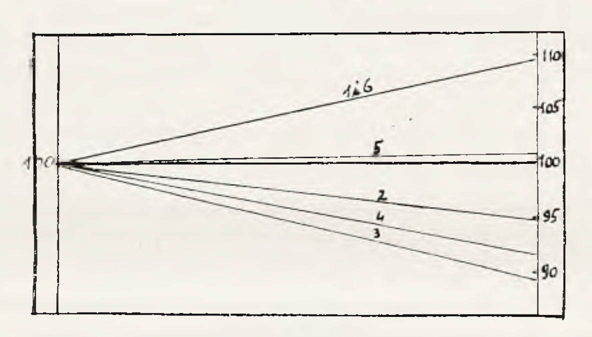
różnicą, że w miejscu wypoczynku biernego zastosowano 15-minutowy wypoczynek czynny polegający na obracaniu korby ręcznej. Praca wykonana podczas obracania korby wynosiła 228 kgm/min.

TAB. IV.

Wpływ wypoczynków biernych i czynnych na współczynnik wydajności.

Nazw. *Name*	Wsp. wyd. przed wypoczynkiem biernym *Wirkungsgrad vor d. pass. Erholungspause* %	Wsp. wyd. po wypoczynku biernym *Wirkungsgrad nach d. pass. Erholungspause* %	Wsp. wyd. przed wypoczynkiem czynnym *Wirkungsgrad vor der akt. Erholungspause* %	Wsp. wyd. po wypoczynku czynnym *Wirkungsgrad nach der akt. Erholungspause* %
N. W.	27,7	28,47	28,42	31,02
L. R.	28,3	29,7	31,1	20,2
W. Z.	33,11	31,0	31,53	28,02
I. I.	33,15	28,93	32,73	28,75
A. L.	30,05	30,52	28,19	28,59
J. C.	20,86	20,19	20,09	21,91
	A		B	

Rycina nr 2 przedstawia s t o p i e ń pogorszenia wzgl. polepszenia wsp. wyd. po wypoczynku b i e r n y m, przy czym wartość wsp. wyd. na tablicy IV w pierwszej kolumnie przyjęliśmy jako 100, wartość współczynnika zaś np. nr 1 pod A w drugiej kolumnie obliczyliśmy według wzoru $x = \frac{100 \times 28.47}{27.7}$ co wynosi 102. Kąt nachylenia, zawarty między linią skośną i poziomą, jest wyrazem s t o p n i a pogorszenia wzgl. polepszenia wsp. wyd. Rycina nr 3 przedstawia s t o p i e ń pogorszenia wzgl. polepszenia wsp. wyd. po wypoczynku c z y n n y m.



Rys. 3. Stopień pogorszenia wzgl. polepszenia współczynnika wydajności po zastosowaniu wypoczynku czynnego.

Fig. 3. Grad des Fallens bzw. des Steigens des Wirkungsgrades nach aktiver Erholungspause.

Rycina nr 4, którą umieściliśmy dla porównania, skonstruowaliśmy w następujący sposób: Na rycinie nr 1 ilustrują kąty nachylenia linii skośnych, wykreślonych na prawo od linii środkowej, stopień pogorszenia się wsp. wyd. po przedłużeniu 15-minutowej jazdy do 30 minut. Jeżeli teraz, nie zmieniając kąta nachylenia tych linii przesuniemy je tak, by punkt wyjścia był wspólny, otrzymujemy rycinę nr 4, która przedstawia stopień pogorszenia się wsp. wyd. bez wypoczynku.

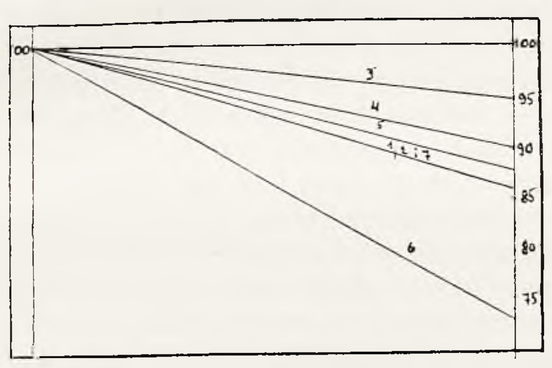
Wyniki przedstawione na tablicy IV i na rycinach nr 2, 3 i 4 umożliwiają nam wyciągnięcie pewnych wniosków odnośnie do dwóch ważnych zagadnień, a mianowicie:

1) czy w ogóle przerywanie lekkiej pracy wypoczynkami biernymi lub czynnymi działa korzystnie na wydajność;

2) czy lepiej jest stosować wypoczynek bierny czy czynny.

Co się tyczy zagadnienia pierwszego, to wyniki zestawione w tablicy IV i uwidocznione na rycinach nr 2, 3 i 4 przed-

stawiają się różnie. Widzimy pod A, że po części wsp. wyd. ulega pogorszeniu (nr 3, 4, 6), częściowo zaś wykazują polepszenie (nr 1, 2 i 5). Podobnie ma się sprawa pod B, gdzie pogorszeniu ulega wsp. wyd. pod nr 2, 3, 4, polepszeniu zaś pod nr 1, 5 i 6. Jeżeli przypatrzymy się bliżej tym stosunkom na rycinach nr 2, 3 i 4, stwierdzimy, że na rycinie 4 ulegają współczynniki wydajności w każdym przypadku pogorszeniu i to w mniejszym lub większym stopniu. Na rycinach zaś pozostałych — podobnych zresztą do siebie — wykazuje wsp. wyd. bądź pogorszenie, bądź polepszenie. Porównując teraz zachowanie się



Rys. 4. Stopień pogorszenia wzgl. polepszenia współczynnika wydajności bez wypoczynku (przy pracy ciągłej).

Fig. 4. Grad des Fallens bzw. des Steigens des Wirkungsgrades ohne Erholungspause.

współczynnika w czasie pracy przerwanej wypoczynkiem biernym czy czynnym z współczynikiem w czasie pracy ciągłej, to znaczy porównując rycinę nr 2 i 3 z rys. nr 4, dochodzimy do następujących wniosków: wydajność niektórych osobników (rycina nr 2, nr 3, 4, 6, rycina nr 3, nr 2, 3, 4), zachowuje się w czasie pracy przerwanej wypoczynkiem 15-minutowym podobnie jak wydajność w czasie pracy nieprzerwanej wypoczynkiem. Musimy innymi słowy powiedzieć, że u tych osobników ten wypoczynek nie wywiera prawie żadnego korzystnego wpływu. W tych wszystkich wypadkach zaś, w których współczynnik wyd. wykazuje polepszenie (rycina nr 2, nr 1, 2 i 5, ryc. nr 3, nr 1, 5, 6), ustrój pracuje *po* wypoczynku ekonomiczniej, niżby pracował, gdyby tego wypoczynku nie było. W tych wypadkach musimy zatem mówić o korzystnym wpływie wypoczynku na wsp. wyd. pracy dynamicznej. Jeżeli chodzi

o drugie zagadnienie, tj. czy korzystniejszy jest wypoczynek bierny, aniżeli wypoczynek czynny, polegający w naszych doświadczeniach na pracy rąk przy obracaniu korby ręcznej, stwierdzić możemy na podstawie wyników naszych badań — porównując ryciny nr 3 i 4 — co następuje: Nie ma wyraźniejszej różnicy między zachowaniem się wsp. wyd. po wypoczynku biernym i po wypoczynku czynnym. Wypoczynek bierny i czynny wpływają zatem w równym prawie stopniu na wydajność pracy i to wpływają w części przypadków korzystnie. Jeżeli teraz porównać wyniki naszych badań, z wynikami otrzymanymi odnośnie do tego zagadnienia przez innych autorów, to okazują się niektóre charakterystyczne różnice. *Simonson* stwierdza, że przy pracy wykonanej w steady staty, wsp. wyd. jest lepszy po 10-minutowym wypoczynku biernym. Stwierdziliśmy, że w części przypadków przerwa w pracy nie działa ujemnie na wydajność pracy, że zaś w innych przypadkach wywiera na wydajność wpływ korzystny. Z badań *Kryszczyńskiego*, przeprowadzonych nad zagadnieniem zachowania się wsp. wyd. pracy ciągłej wobec wps. pracy przerywanej, wynika, że na ogół praca ciągła jest wydajniejszą od pracy przerwanej wypoczynkami czynnymi lub biernymi. My otrzymaliśmy nieco odmienne wyniki. Nie mogliśmy bowiem stwierdzić gorszego współcz. wyd. przy pracy przerwanej 15-minutowym wypoczynkiem biernym lub czynnym; wydajność pracy przerwanej była natomiast w części przypadków taką samą, przeważnie jednak wyższa od wydajności pracy ciągłej. *Marschak* stwierdził wzmożoną zdolność do pracy u ludzi, którzy po uprzedniej pracy dynamicznej czynnie odpoczywali. Stwierdziliśmy w szeregu przypadków to samo np. (na tablicy IV pod B, nr 1, 5 i 6). *Missiuro* wykazał na krzywej, że po zastosowaniu wypoczynków następuje wyrównanie lub złagodzenie zbyt ostrego spadku krzywej wydajności. Wyniki naszych badań zgadzają się z przytoczonymi wyżej wynikami, gdyż stwierdziliśmy korzystny wpływ wypoczynku na wydajność pracy. Ponadto doszedł *Missiuro* do wniosku, że ćwiczenia gimnastyczne wprowadzone podczas 10-minutowej przerwy wypoczynkowej w pracy fabrycznej, nie wywierają ujemnego wpływu na wydajność pracy robotnic. Dla tej formy pracy, której użyliśmy do naszych doświadczeń (jazda rowerowa) okazało się, że wpływ wypoczynków czynnych nie polega jedynie na tym, że nie działają ujemnie na wydaj-

ność pracy. Stwierdziliśmy bowiem w części przypadków działanie ich wyraźnie korzystne, choć nie przewyższają one pod tym względem działania wypoczynków biernych.

IV. DYSKUSJA.

Zestawiając pokrótce wyniki odnośnie do zagadnienia wpływu czasu trwania wysiłku na współczynnik wydajności stwierdzamy, że wyniki te nie są podobne u wszystkich badanych. Można przeprowadzić podział osobników badanych na *dwie zasadnicze grupy*. Jedna grupa wykazuje pogorszenie wsp. wyd., wzmagające się w miarę przedłużenia jazdy wstępnej od 5 do 30 minut; u drugiej grupy polepsza się wsp. wyd. w miarę przedłużania jazdy do 15 minut, po czym wydajność zwolna opada. Nasuwa się pytanie, jakby tłumaczyć te charakterystyczne wahania wsp. wyd.? Znanym jest, że przemiana energii wzmaga się podczas pracy znacznie. Pochodzi to głównie stąd, że do procesów, wymagających wydatku energii w stanie spoczynku (utrzymanie wysokiej temperatury, oddech, praca serca, jelit, gruczołów, systemu mięśni), dołącza się intensywna przemiana materii w mięśniach pracujących. Skomplikowane związki chemiczne ulegają rozpadowi i odbudowie, energii dostarcza głównie spalenie kwasu mlekowego. Nadwyżka zużycia O_2 odnosi się zatem głównie do usuwania kwasu mlekowego, po części zaś (jak podają *Simonson* i *Hebestreit)*, do innych procesów. (Oksydacyjna resynteza fosfagenu i kwasu adenylotrójfosforowego, oksydacyjny rozpad). Na czym więc polega wobec tego fakt, że część badanych pobiera w miarę przedłużenia jazdy coraz to więcej tlenu w jednostce czasu, inni natomiast pobierają tlenu w jednostce czasu początkowo coraz mniej, a dopiero po dłuższej jeździe zużycie tlenu się wzmaga? Ponieważ nie możemy założyć, że wsp. wyd. pogorszył się po stosunkowo krótkiej jeździe (5 minut) z powodu zmęczenia, tłumaczyć możemy wyżej wspomniane zjawisko jedynie w sposób następujący: Musimy rozróżnić 2 typy osobników, u których zdolność przystosowania narządów krążenia i oddychania do pracy przedstawia się różnie. Jeden typ, nazwijmy go „szybko rozruszającym się”, wykazuje zdolność bardzo szybkiego przystosowania narządów krążenia i oddychania do pracy. Wykorzystuje prawie od początku pracy w całej pełni tlen wprowadzony do ustroju, pracuje przez jakiś czas

wysoce ekonomicznie, po czym zużycie tlenu wskutek nagromadzonych niedopałków przemiany materii stale się wzmaga.

Drugi typ — można by go nazwać „wolno rozruszającym się”, nie ma zdolności szybkiego przestrajania ustroju ze stanu spoczynku na pracę; u niego osiągają warunki ukrwienia mięśni swoje optimum dopiero po dłuższej jeździe, dopiero po dłuższej jeździe dochodzi do kompletnego przystosowania narządów krążenia i oddychania do pracy. Wysoce ekonomicznie pracuje ten typ zatem dopiero po dłuższej pracy. Dlatego też nie osiągnęli osobnicy drugiego typu w naszych doświadczeniach wysokich wartości wsp. wyd., ponieważ weszli w stadium wysokiej wydajności w okresie, kiedy już zmęczenie dało się we znaki. W miarę przedłużenia jazdy od 15—30 minut zaobserwowano pogorszenie się wsp. wyd. u *wszystkich* badanych. To zjawisko tłumaczy się coraz to wzmagającym się zmęczeniem ustroju. W mięśniach gromadzi się coraz więcej kwaśnych produktów rozpadu, dochodzi do nagromadzenia CO_2 we krwi, koncentracja jonów wodorowych zwiększa się, zaznacza się upośledzenie koordynacji ruchów i wskutek tego ustrój przyciąga większą ilość mięśni do wykonania tej samej pracy. Przy tym odgrywa według *Atzlera* ważną rolę również centralny system nerwowy, gdzie ze wzrastającym zmęczeniem wyczerpuje się materiał zapasowy ośrodków nerwowych, od których uzależniona jest sprawność ruchu. Zjawiska te odbijają się oczywiście na przemianie gazowej, powodując wzmożone zużycie tlenu i zatem pogorszenie wsp. wyd.

Przechodzimy obecnie do omówienia drugiego z kolei zagadnienia, tj. wpływu stopnia zaprawy na wsp. wyd. Stwierdziliśmy, że wytrenowani wykazują wyższy współczynnik wydajności od niewytrenowanych, przy czym jednak zwróciliśmy uwagę na znaczenie stopnia wyćwiczenia w formie pracy, stosowanej w naszych doświadczeniach. Okazało się bowiem, że osobnicy wyćwiczeni w jeździe na rowerze pracują caeteris paribus ekonomiczniej od osób wprawdzie wytrenowanych, lecz nie wyćwiczonych. Już poprzednio w „wynikach” omówiliśmy pobieżnie różnicę między stanem zaprawy i wyćwiczeniem, a obecnie zajmiemy się tą sprawą szczegółowiej; ma ona bowiem dla wytłumaczenia wpływu stanu zaprawy na wsp. wyd. zasadnicze znaczenie. W miarę jak człowiek coraz częściej wykonuje jedną i tą samą czynność, np. jazdę na rowerze, koordynacyjna

gra mięśni staje się coraz sprawniejszą, coraz więcej celową, w coraz to większym stopniu wyklucza ruchy poboczne (specjalnie charakterystyczne dla ludzi nie wyćwiczonych, i posługuje się w czasie pracy tylko najniezbędniejszymi grupami mięśni. (Przykład: Nie wyćwiczony rusza w czasie jazdy na rowerze całym ciałem, wyćwiczony tylko nogami). Osobnik wyćwiczony nie marnuje poza tym bezużytecznie energii kinetycznej, wykorzystuje odpowiednio siłę ciężkości i elastyczności. Komponenta statyczna jego pracy wymaga minimalnego wydatku energii. Oprócz tego wymagają coraz to więcej zautomatyzowane ruchy w mniejszym stopniu korekcji ze strony kory mózgowej, tory odruchowe stają się jak gdyby wyszlifowane i dochodzi do nerwowego przystosowania ustroju do tej formy pracy. Wiemy, że wzmożone pobieranie tlenu podczas pracy odnosi się głównie do intensywnej przemiany materii w mięśniach pracujących. Wydaje nam się zatem rzeczą jasną, że ustrój wyćwiczony, który uruchamia podczas pracy tylko najniezbędniejsze grupy mięśni, wykorzystuje następnie umiejętnie siłę ciężkości i elastyczności i nie marnuje energii kinetycznej, zużywa dla tej samej pracy daleko mniej tlenu, aniżeli osobnik niewyćwiczony. Ten bowiem przyciąga do pracy dodatkowe grupy mięśni, wykonuje niepotrzebne ruchy poboczne, marnuje zbyt dużo energii na pracę statyczną i nie wykorzystuje odpowiednio siły ciężkości i elastyczności.

Od wyćwiczenia należy odróżnić stan zaprawy, czyli wytrenowania. W ustroju zawodnika, który codziennie przez parę godzin ostro trenuje, i który zaprawia się w r ó ż n y c h dziedzinach sportu, dokonuje się z czasem cały szereg zmian, które stanowią o jego stanie zaprawy, o jego „formie", i które są przyczyną jego większej zdolności do pracy. Spotykamy się u ludzi wytrenowanych z zmianami w m i ę ś n i a c h w postaci większych zapasów glikogenu. Spotykamy się następnie ze zmianami w k r w i, tyczącymi się ciałek czerwonych i Hb (więc materiału tlenonośnego), których ilość we krwi u ludzi wytrenowanych jest większa. (*Herxheimer* przypuszcza, że mechanizm tego zwiększenia ilości ciałek czerwonych i Hb we krwi wytrenowanych, jest podobny do mechanizmu powstawania tego zjawiska w górach wysokich, spowodowany jest więc absolutnym lub relatywnym brakiem tlenu). Jak wykazał *Van Slyke,* zwiększa się u ludzi wytrenowanych również ilość buforów we

krwi, tzw. rezerwa alkaliczna jest u nich podwyższona. Prócz tego dochodzi do zmniejszenia się wrażliwości ośrodka oddechowego, przez co wentylacja podczas pracy jest mniejsza, niż u niewytrenowanych. *Simonson* i *Riesser* rozciągają tę zmniejszoną wrażliwość na cały ustrój, twierdząc, że specjalnie wobec kwasu mlekowego staje się cały ustrój mniej wrażliwy. Porównują oni to zjawisko do przyzwyczajenia się ustroju do trucizn, podobnie bowiem jak odporność ustroju na truciznę podawaną często i w małych ilościach, wzrasta stopniowo, zwiększa się również odporność ustroju na działanie kw. mlekowego. Stwierdzono ponadto u ludzi wytrenowanych bradykardię, zmniejszone ciśnienie skurczowe, większą ilość kw. fosforowego wolnego i K we krwi, oraz wzmożone wydalanie CO_2 w jednostce czasu. By móc na podstawie wyżej przytoczonych, charakterystycznych zmian w ustroju ludzi wytrenowanych, tłumaczyć stwierdzony u nich wyższy wsp. wyd., musimy przede wszystkim bliżej zaznajomić się z mechanizmem wzmożenia przemiany gazowej podczas pracy. W mięśniach pracujących dokonuje się cały szereg przemian chemicznych, w przebiegu których powstają związki kwaśne, jak kwas mlekowy i węglowy. Te produkty przemiany materii zakwaszają krew, zadrażniają tym samym ośrodek oddechowy, powodując wzmożenie wentylacji podczas pracy. Szereg czynników i wśród nich wyżej przytoczone produkty przemiany materii, powodują również przyśpieszenie akcji serca. Wzmożona wentylacja i przyśpieszona akcja serca są czynnikami, za pośrednictwem których odbywa się wzmożony dowóz tlenu do tkanek. Czym więcej powstaje kwaśnych produktów, czym większe zakwaszenie krwi, tym silniej, (w pewnych granicach oczywiście), reagują tak ośrodek oddechowy jak i narząd krążenia, a więc tym więcej tlenu dostaje się do tkanek. Obecnie, opierając się na znajomości zmian, zachodzących w ustroju wytrenowanych, oraz znajomości mechanizmu wzmożonego dowozu tlenu do tkanek, nie trudno nam będzie wytłumaczyć dlaczego osobnik wytrenowany zużywa przy wykonywaniu pewnej pracy mniej tlenu od niewytrenowanego.

Większa rezerwa alkaliczna, która w znacznym stopniu neutralizuje kwaśne produkty rozpadu i charakterystyczne dla wytrenowanych wydalenie w jednostce czasu większych ilości CO_2, są czynnikami, nie dopuszczającymi do znaczniejszego

zakwaszenia krwi. Mniejsza wrażliwość ośrodka oddechowego i większa odporność ustroju wobec kw. mlekowego w powiązaniu z wyżej przytoczonymi czynnikami sprawiają, że mechanizm wzmożenia dowozu tlenu do tkanek zostaje uruchomiony w mniejszym stopniu. Do tego dołącza się lepsze wykorzystywanie doprowadzonego tlenu wskutek większej ilości materiału tlenonośnego, lepsze warunki ukrwienia mięśni i wyższa zdolność oksydacyjna komórek. Jeżeli zatem zważymy, że przy wykonywaniu pewnej pracy przez osobnika wytrenowanego, zmniejszony jest z jednej strony dowóz tlenu do tkanek, z drugiej strony zaś tlen ten jest lepiej wykorzystywany, dojść musimy do wniosku, że wytrenowany wykonać może pewną pracę zużywając mniej tlenu od niewytrenowanego. W związku z tym, cośmy powiedzieli o osobach wytrenowanych i wyćwiczonych, należałoby oczekiwać, że najekonomiczniej pracować będzie człowiek wytrenowany i zarazem wyćwiczony w jeździe na rowerze. Sumują się bowiem u takiego człowieka czynniki, działające korzystnie na wydajność pracy i odnoszące się do stanu zaprawy i wyćwiczenia. Istotnie wykazali też ci wśród badanych najwyższe współczynniki wyd., którzy byli wytrenowani i zarazem wyćwiczeni.

Wspomnieliśmy przy omówieniu zadań racjonalizacji pracy, że oprócz ustalenia optymalnego rytmu i obciążenia, konieczną jest rzeczą ustalenie optymalnej długości, ilości oraz najkorzystniejszego rodzaju wypoczynków. Wyłaniają się tutaj, jak już wspomnieliśmy, dwa zagadnienia:

Pierwsze — czy wypoczynek, zastosowany w czasie lekkiej pracy, działa korzystnie na wydajność, drugie — czy jest korzystniej stosować wypoczynek bierny czy czynny? Odnośnie pierwszego zagadnienia stwierdziliśmy u niektórych osobników tylko nieznaczny wpływ wypoczynków biernych i czynnych; okazało się bowiem, że wydajność pracy po wypoczynku opada prawie że w takim stopniu, jakby w ogóle wypoczynku nie było. U innych znowuż wpływa zastosowanie wypoczynków wyraźnie korzystnie na wydajność pracy, o czym świadczy wsp. wyd. wyższy po wypoczynku, niż przed nim. Jeżeli chcielibyśmy nasze wyniki odnośnie do tego zagadnienia praktycznie zużytkować, musimy się zastanowić nad przyczynami wahań wsp. wyd. pod wpływem wypoczynków biernych i czynnych. Jedynie znajomość istoty zagadnienia umożliwia stosowanie wypoczynków

odpowiedniej długości i w odpowiedniej ilości. Wg *Hilla* powstaje w początkowym okresie pracy niedobór tlenowy, czyli ilość tlenu, doprowadzona w tym okresie, nie jest wystarczająca do usuwania nagromadzonego kw. mlekowego. Po okresie początkowym wchodzi praca w okres równowagi (st. state) w czasie którego następuje (przy lekkiej pracy) usunięcie takiej ilości kw. mlekowego, jaka powstaje. Po zaprzestaniu pracy pozostaje zatem jeszcze ten początkowy niedobór tlenowy, którego wyrównanie następuje w okresie wypoczynku. *Hill* nazwał ilość tlenu, którą pobieramy dodatkowo po zaprzestaniu pracy (dla pokrycia początkowego niedoboru tlenu), długiem tlenowym (oxygen debt.). Szczegółowe badania *Simonsona, Hebestreita, Gollwitzer-Meier,* wykazały, że wzmożone zużycie tlenu w okresie wypoczynkowym nie odnosi się jedynie do usuwania kw. mlekowego, że natomiast dużą, jeżeli nie dominującą rolę odgrywają oksydacje resyntezy fosfagenu, kw. adenylopyrofosforowego i innych produktów pośrednich, o dotychczas nieznanym składzie. Chociaż więc koncepcja *Hilla* okazała się w niektórych punktach niewystarczającą i nieścisłą, możemy ją jednak uznać z tym zastrzeżeniem, że zamiast dokładnego zdefiniowania przyczyn wzmożonego zużycia tlenu w okresie wypoczynkowym, będziemy ogólnikowo mówili o procesach rozkładu i odbudowy źródeł energetycznych. Zjawisko długu tlenowego pozostaje zatem decydującym elementem każdego wysiłku fizycznego.

Po tych krótkich wywodach teoretycznych postaramy się wytłumaczyć niejednakowy wpływ wypoczynków na wydajność pracy różnych osobników. Zjawisko odznaczające się tym, że u jednych wpływ wypoczynków był nieznaczny, u innych zaś wyraźnie korzystny, tłumaczymy niejednakową, caeteris paribus, szybkością wypoczywania. Ponieważ wypoczynek polega na procesach oksydacyjnych wszystkie czynniki, od których zależne jest dowożenie tlenu do ustroju, będą miały wpływ na szybkość wypoczywania. Takim czynnikiem w pierwszym rzędzie jest narząd krążenia i oddychania, następnie ilość ciałek czerwonych i hemoglobiny Hb, stopień dysocjacji oksyhemoglobiny, powierzchnia naczyń włosowatych i wreszcie zdolność oksydacyjna samych komórek. Czynniki te przedstawiają się u różnych osobników niejednakowo. U jednych umożliwiają one w tych samych warunkach dowóz tlenu w znaczniejszym stopniu, u in-

nych zaś w mniejszym stopniu. W związku z tą różną szybkością wypoczywania zostają w jednym przypadku usunięte doszczętnie produkty rozkładu w ciągu 15-minutowego wypoczynku, w innym zaś przypadku pozostaje część nieusunięta, która obciąża wsp. wyd. następnego okresu pracy. W całym szeregu przypadku stwierdziliśmy po drugim okresie pracy wyższy współczynnik wydajności, niż po pierwszym okresie. Ponieważ osoba badana rozpoczęła pierwszy okres w stanie zupełnie wypoczętym, nie można tłumaczyć wyższego współczynnika wydajności po drugim okresie tym tylko, że w czasie wypoczynku produkty rozkładu zostały doszczętnie usunięte. Wtedy bowiem rozpoczęłaby osoba badana drugi okres w tych samych warunkach, co okres pierwszy; wsp. wyd. po drugim okresie musiałby zatem być identyczny ze wsp. wyd. po pierwszym okresie. Jeżeli był jednak po drugim okresie wyższy, musiała osoba badana rozpocząć okres drugi w korzystniejszych warunkach niż okres pierwszy.

Tłumaczymy to następująco: naczynia włosowate, rozszerzone po zakończeniu pierwszego okresu pracy, nie zamknęły się nawet po osiągnięciu poziomu spoczynkowego zużycia tlenu w czasie wypoczynku. Drugi okres pracy rozpoczyna zatem osoba badana w korzystniejszych warunkach zaopatrzenia ustroju w tlen. *(Hebestreit, Simonson, Niemzowa)*. Z kolei przechodzimy do drugiego zagadnienia.

Porównując wpływ wypoczynku biernego i czynnego na wydajność pracy, stwierdzamy, że oba sposoby wypoczywania wpływają na wydajność prawie w jednakowym stopniu. A więc, innymi słowy, można wypoczynek bierny, będący z punktu widzenia ekonomicznego pozycją bezwartościową i nieproduktywną, zastąpić bez szkody dla wydajności pracy wypoczynkiem czynnym, który może być wypełniony produktywną pracą. W naszym konkretnym przypadku wypoczywają więc mięśnie kończyn dolnych w tym samym tempie, niezależnie od tego, czy osobnik pracuje kończynami górnymi, czy też zachowuje całkowity spokój ciała. Powyższe zjawisko tłumaczy się tym, że zespół czynników składających się na istotę wypoczynku czynnego (o których potem będzie mowa), kompensuje produkcję niedopałków przemiany materii w czasie pracy kończyn górnych. Zespół więc tych czynników powoduje, że ilość produktów rozpadu, wyprodukowanych w czasie wypoczynku czynne-

go, nie odbija się niekorzystnie na wydajności pracy. Nasuwa się obecnie pytanie, na czym polega mechanizm wypoczynku czynnego, jakie to są czynniki, o których poprzednio była mowa. Zaznaczyliśmy już, że wypoczynek polega na procesach oksydacyjnych, wskutek czego wszystkie czynniki, od których zależne jest zaopatrywanie ustroju w tlen wywierają pewien wpływ na szybkość wypoczywania. Niektórzy badacze tłumaczą korzystne działanie wypoczynków czynnych wpływami natury obwodowej. Zasadniczym czynnikiem przyśpieszającym przywrócenie pełnej zdolności czynnościowej mięśniom znużonym jest, w myśl tych poglądów, polepszenie warunków ich ukrwienia wskutek pracy innych mięśni poprzednio nieczynnych. Według tych badaczy miałoby np. rozszerzenie naczyń krwionośnych w pracujących kończynach górnych, wywołać równocześnie rozszerzenie naczyń krwionośnych w nieczynnych kończynach dolnych, stwarzając dla nich korzystniejsze warunki dowozu tlenu. Według innych — rola krążenia w przebiegu wypoczynku czynnego nie wyczerpuje całego mechanizmu. W myśl powyższych poglądów, odgrywają tu również rolę czynniki natury ośrodkowej. (*Marschak* i inni). W obrębie układu nerwowego ośrodkowego mają przebiegać procesy pobudzania i zahamowania. Zahamowanie występuje na odcinku neuronów czuciowych, znużonych długotrwałymi skurczami dowolnymi mięśni. Umiarkowany rytm pobudzenia ośrodków zaangażowanych bezpośrednio w wykonywaniu pracy prowadzi na drodze indukcji do czynnego odhamowania dotąd zahamowanych, znużonych ośrodków. Poza układem nerwowym ośrodkowym odgrywają pewną rolę unerwienia współczulne, a wydatny wpływ wywierają również stany psychiczne. Zainteresowanie i ożywienie bowiem wywołane zmianą czynności wywierają ogólnie wpływ pobudzający, tym samym wpływ „odhamujący". Ten wyżej wymieniony zespół czynników sprawia więc, że wypoczynek czynny jest równorzędny z wypoczynkiem biernym pod względem korzystnego wpływu na wydajność pracy — przewyższa go jednak pod tym względem, że daje się wypełnić produktywną pracą.

V. STRESZCZENIE.

Celem naszych doświadczeń było zbadanie wpływu jaki wywiera zmiana warunków pracy na wsp. wyd. przy jeździe

na rowerze. Jeżeli chodzi o warunki pracy rozróżniamy warunki zewnętrzne (egzogenne), które ustala eksperymentator (np. tempo, długość pracy itd.), i warunki wewnętrzne (endogenne), związane z ustrojem osoby badanej (jak stan zaprawy, wzrost). Interesowały nas głównie trzy zagadnienia, mianowicie:

1) Wpływ czasu trwania wysiłku na wsp. wyd.
2) Wpływ stanu zaprawy i wyćwiczenia na wsp. wyd.
3) Wpływ zastosowania wypoczynków biernych i czynnych na wsp. wyd. pracy dynamicznej.

Celem ustalenia wahań wydajności pracy w zależności od wyżej wymienionych czynników, prowadzono badania, których wyniki zezwalają nam na wyciągnięcie pewnych wniosków, o których niżej będzie mowa. Stwierdziliśmy, że u jednych występuje w ciągu pracy maksimum wydajności wcześniej, u innych zaś później. Rozróżniamy na tej podstawie dwa typy osobników:

1) takich, którzy posiadają zdolność szybkiego przystosowania organizmu do pracy i
2) takich, o których adaptacja ustroju do pracy wymaga dłuższego czasu.

Pierwszy typ osobników nadaje się bezwątpienia doskonale do intensywnych wysiłków krótkotrwałych, więc np. do biegu na 100 wzgl. 200 m, drugi typ natomiast osiągnie najlepsze rezultaty w biegach długich, marszach, zatem wysiłkach długotrwałych. W świetle tych rozważań możnaby oznaczenie wahań wsp. wyd. w zależności od przedłużenia wysiłku, zużyć jako sposób orzeczenia, czy osoba badana nadaje się do wysiłku krótko- czy długotrwałych. (Sportliche Eignungsprüfung).

Odnośnie do pierwszego zagadnienia okazało się ponadto, że po przedłużeniu jazdy do 30 minut, kiedy już osobnicy badani skarżyli się na znaczne zmęczenie, spadała wydajność pracy u wszystkich badanych. Zjawisko to nabiera specjalnego znaczenia dlatego, że nie istnieje do dziś dnia żadna obiektywna i pewna metoda oznaczenia stopnia zmęczenia. Zaznaczyliśmy poprzednio, że człowiek może się czuć zmęczonym, a nim nie być, i przeciwnie, nie musi się czuć zmęczonym, a być nawet przemęczonym. Nie można więc zbytnio polegać na oświadczeniu osobników badanych. Otóż w naszych doświadczeniach

skarżyli się wszyscy po 30-minutowej jeździe na rowerze na znaczne zmęczenie. Prócz tego stwierdzaliśmy coraz częstsze i pod koniec jazdy nawet bardzo częste włączanie się automatyzmu, regulującego natężenie pracy na ergometrze, co świadczy o bardzo nieregularnej pracy, charakterystycznej dla zmęczonych. Możemy zatem przyjąć za bardzo prawdopodobne, że badani byli rzeczywiście (obiektywnie rzecz biorąc) zmęczeni. Ponieważ stwierdzono również odnośnie do całego szeregu innych form pracy spadek wydajności wskutek zmęczenia, możemy śmiało uogólnić to zjawisko i przyjąć, że pogorszenie się wsp. wyd. pod wpływem zmęczenia odnosi się do w s z y s t k i c h form pracy. Choć opieramy się zatem głównie na oświadczeniu osób badanych, możemy ze względu na zgodne wyniki wszystkich autorów odnośnie do różnych form pracy twierdzić, że znaczniejszy spadek wsp. wyd. sygnalizuje zmęczenie osoby badanej. Oznaczenie wahań wsp. podczas dłużej trwających wysiłków byłoby zatem cennym sposobem pomocniczym w orientowaniu się co do stopnia zmęczenia osoby badanej.

Jeżeli chodzi o wpływ stanu zaprawy i wyćwiczenia na wsp. wyd., to stwierdzenie najwyższych współczynników wydajności u wytrenowanych i zarazem wyćwiczonych tłumaczy szereg zjawisk wśród sportowców powszechnie znanych, w literaturze jednakże nieopracowanych:

Jest np. rzeczą znaną, że zawodnik trenujący wyłącznie rzut oszczepem, polepsza początkowo swoje wyniki aż do pewnej granicy, której mimo dalszego intensywnego treningu w rzutach tego rodzaju, przekroczyć nie może. Doświadczeni trenerzy polecają w takim wypadku zawodnikowi, by przeprowadził prócz treningu rzutu oszczepem intensywny trening w innych dziedzinach sportu, np. w biegach długich, pływaniu itd. Zazwyczaj to pomaga, zawodnik przekracza granicę i polepsza w dalszym ciągu swoje wyniki w rzucie oszczepem. Ponieważ nie znaleźliśmy w literaturze wytłumaczenia tego dla sportowców bądź co bądź ważnego zjawiska, a nasuwało się nam proste wytłumaczenie, pozwolimy sobie oświetlić tę sprawę. Otóż zawodnik wprawiający się w rzucie oszczepem dochodzi po jakimś czasie do perfekcji w koordynacji ruchów odnośnie do tej formy pracy. Ponadto uzyskuje przez systematyczne powtarzanie tego krótkotrwałego wysiłku pewien, zresztą nie-

wysoki stan zaprawy ciała. Jeżeli uzyskał perfekcję w rzucie oszczepem, nie może osiągnąć dalszego zaoszczędzenia zużycia tlenu drogą polepszenia stanu wyćwiczenia. Stan zaprawy zaś całego ciała zmienia się pod wpływem krótkotrwałych wysiłków jedynie nieznacznie. Poprawę zatem wyników przez dalsze zaoszczędzanie zużyciu tlenu może zawodnik osiągnąć jedynie drogą zwiększenia stopnia zaprawy, która odnosi się do całego ustroju. Do tego celu nadają się zaś najlepiej długotrwałe intensywne wysiłki, jakimi są właśnie biegi długie, pływanie itd.

Przechodzimy obecnie do ostatniego zagadnienia, tj. do wpływu wypoczynków biernych i czynnych na wydajność pracy. Wskazywaliśmy już parokrotnie na doniosłe znaczenie odpowiedniego stosowania wypoczynków dla racjonalizacji pracy. Okazało się, że nie można schematycznie stosować tej samej długości i ilości wypoczynków do większego zbiorowiska ludzi, jak np. do wszystkich robotników jakiejś fabryki. Ilość i długość wypoczynków bowiem, która j e d n y m wystarcza, może być absolutnie niewystarczającą dla i n n y c h. Nie udało się nam na razie powiązać tej niejednakowej szybkości wypoczywania z jakimś typem osobników. Na razie należałoby zatem ustalić dla każdej jednostki z osobna wahania wsp. wyd. pod wpływem wypoczynków, aby móc wybrać dla niego odpowiednie wypoczynki. Większe znaczenie mają dla racjonalizacji pracy nasze wyniki odnośnie do wpływu, jaki wywiera na współczynnik wyd. wypoczynek czynny w porówaniu z wypoczynkiem biernym. Jak już mówiliśmy, okazało się, że wpływ jednego i drugiego sposobu wypoczywania na wydajność pracy przedstawia się prawie jednakowo. Jeżeli będzie zatem chodziło o wybór rodzaju wypoczywania np. w fabrykach, gdzie zależy od maksymalnej produktywności robotników, trzeba będzie bezsprzecznie dać pierwszeństwo wypoczynkowi czynnemu. Przy odpowiedniej budowie maszyn można by bowiem, bez szkody dla wydajności pracy i zdrowia robotników, wypełnić przerwę wypoczynkową produktywną pracą. Jest to oczywista tylko jedna z wielu możliwości praktycznego zastosowania wypoczynków czynnych. Takich przykładów można by podać mnóstwo, skonstruowanie np. odpowiedniego roweru umożliwiającego używanie naprzemian nóg i rąk do obracania pedałów, byłoby połączone ze znacznym zaoszczędzeniem sił.

PIŚMIENNICTWO.

Atzler: 1927. Körper und Arbeit. Handbuch der Arbeitsphysiologie.

Atzler-Lehman: 1930. Anatomie u. Physiologie der Arbeit.

Durig: 1909. Pflügers Arch. *86*, 93.

Fischer: 1931. Arbeitsphysiologie, *4*.

Herxheimer: 1930. Die Erscheinung des Trainings und Übertrainings. Sechste Sportärztetagung in Frankfurt. (Muskelarbeit und Energieverbrauch).

Katzenstein: 1891. Pflüg. Arch., *49*, 330.

Kryszczyński: 1934. Badania nad przemianą gazową u człowieka w czasie pracy. Przegl. Fizjol. Ruchu.

Lindhard: 1920. Skand. Arch. für Phys., *40*.

Missiuro: 1936-37. Badania nad wpływem wypoczynków czynnych w pracy zawodowej. Przegl. Fizjol. Ruchu.

Perlberg: 1934. Badania energetyczne procesów pracy i jej wydajności u dzieci. Przegl. Fizjol. Ruchu.

Simonson und *Hebestreit:* 1930. Zum Verhalten des Wirkungsgrades bei körperlicher Arbeit. Pflüg. Arch. 225.

Szwejkowska: 1935. Badania nad przemianą gazową u człowieka w czasie pracy. Przegl. Fizjol. Ruchu.

PRZEGLĄD FIZJOLOGII RUCHU

REVUE DE PHYSIOLOGIE DU MOUVEMENT

(CINÉPHYSIOLOGIE)

TREŚĆ:

SOMMAIRE:

WARUNKI PRENUMERATY:

Rocznie 20 zł. — Półrocznie 10 zł. — Zagranicą: Rocznie $ 3.

Dla studentów medycyny, A. W. F. i Stud. Wych. Fiz. Uniwers. Poznańsk. i Krakowsk. prenumerata roczna 16 zł.

Konto P. K. O. 22888.

Ogłoszenia przed i za tekstem: 1/1 strony 200 zł. — ½ strony 120 zł. — ¼ strony 70 zł. — ⅛ strony 40 zł.

Drukarnia
PIOTR PYZ i S-ka
w Warszawie
Miodowa 8

Wydawca: Rada Naukowa Wychowania Fizycznego,
Warszawa, Myśliwiecka 3/5.